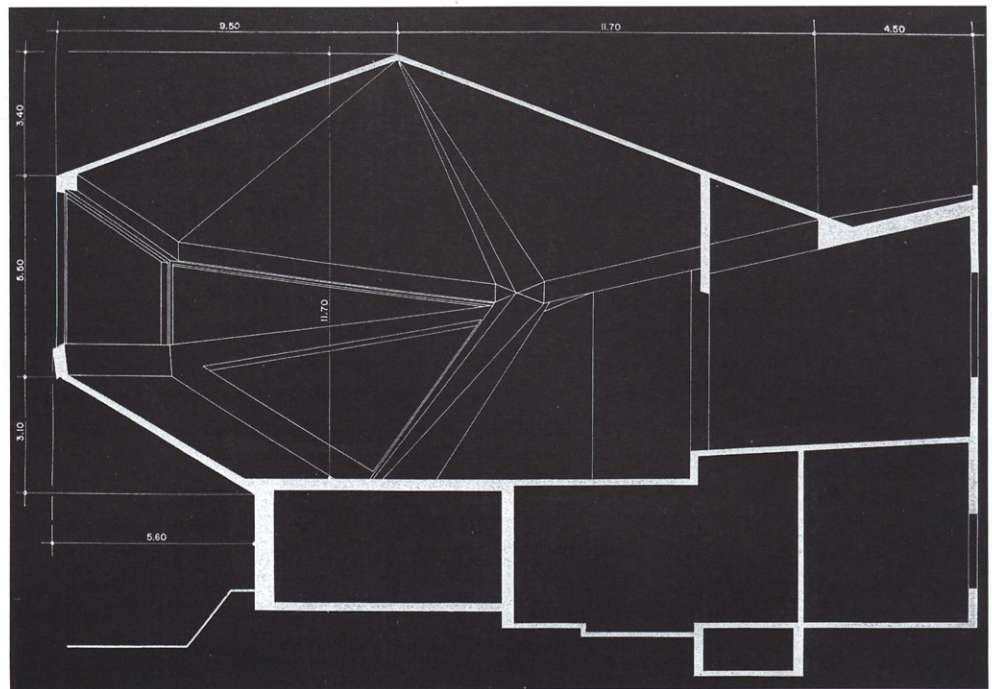


03 La prolífica y audaz aportación de Heinz Hossdorf en todas las disciplinas relacionadas con la construcción civil y arquitectónica contribuyó de forma relevante a los avances científico-técnicos alcanzados en el siglo XX; la utilización del poliéster como material estructural, el sistema de pretensado pétreo, el postensado aéreo de piezas prefabricas de hormigón armado, los Ensayos Híbridos sobre modelos reducidos, la configuración de modelos tridimensionales por ordenador CAD...



02 · SECCION DEL AUDITORIO RUDOLF STEINER REALIZADA JUNTO AL ARQUITECTO HANS-FELIX LEU EN BASILEA (1964-67) (>49-52)

7.01 CIENCIA Y CREACION EN LA OBRA DE HEINZ HOSSDORF

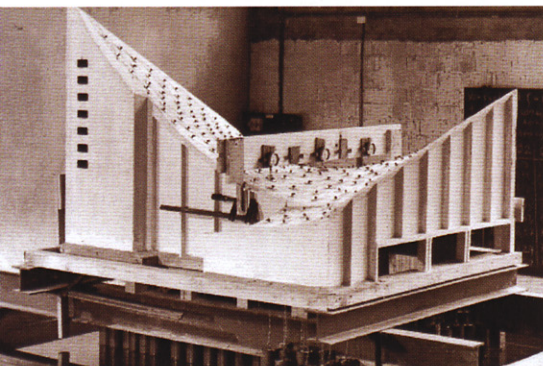
pepa casinello

HEINZ HOSSDORF, BAJO EL SIGNO DE LA CIENCIA

04 En el año 1954, a una década escasa del paréntesis que representó la Segunda Guerra Mundial, cuando la transformación técnico-científica N1 proclamada por la Modernidad y que tan enérgicamente defendió Le Corbusier desde 1.927 N2 estaba en pleno desarrollo, ávida de impulsos que perfilaran sus más anheladas metas -la producción en serie y utilización de nuevos materiales-, el joven ingeniero suizo Heinz Hossdorf (*1925) se incorpora al mundo de la construcción civil y arquitectónica, no sólo proyectando y construyendo novedosas obras con nuevos materiales y nuevos sistemas de producción y puesta en obra, sino abarcando la totalidad de las disciplinas y aspectos más relevantes para impulsar debidamente la Nueva Arquitectura e Ingeniería Civil, contribuyendo a afianzar "un camino" entroncado con la ciencia.

Sin duda los avances producidos a lo largo de la Historia han estado siempre impulsados por hombres como Heinz Hossdorf -*intuitivos creadores y amantes observadores de la naturaleza*- cuya preocupación por el conocimiento de las cosas les ha llevado a desarrollar su actividad intrínsecamente unida a una profunda labor de investigación, que en el caso de Hossdorf no se ha limitado al análisis del comportamiento estructural de nuevas formas y materiales sino que se ha extendido también a los diferentes métodos de comprobación y cálculo que han revolucionado el mundo técnico y científico del siglo XX con el desarrollo del ensayo sobre modelos reducidos y la aplicación del ordenador. Este especial y específico modelo de pensamiento basado en el entendimiento de la razón y el ser, ha marcado toda la obra construida de Hossdorf, haciéndola reconocible por su innovadora capacidad intuitiva con independencia del material empleado, del tipo estructural, de la forma, del proceso constructivo o incluso de la existencia en algunos casos de colaboradores en la fase proyectual o ejecutiva. Heinz Hossdorf ha sido siempre independiente, libre y autodidacta, y ha experimentado e investigado por sí mismo para comprobar la validez de su intuición, al margen de normativas, corporaciones o instituciones. Las innovadoras formas de sus obras y sus importantes aportaciones científicas en el campo de los ensayos sobre modelos, CAD, o métodos de comprobación y cálculo de estructuras no son la respuesta a la búsqueda de la originalidad o el invento en sí mismos, sino el resultado de intentar siempre resolver un determinado problema "real" de la forma más racional sin prejuicios de ningún tipo. La intuición y el conocimiento dotaron a Hossdorf de libertad, una libertad conseguida con su propio esfuerzo y que siempre se esforzó en conservar.

06 Hossdorf es ingeniero civil por título académico, pero su formación -autodidacta en ocasiones-, sus conocimientos, sus aportaciones en campos tan diversos como la ingeniería civil, la arquitectura, la electrónica, el uso del ordenador, la maquinaria pesada, los ensayos sobre modelos,



07 · ENSAYO SOBRE MODELO REALIZADO POR HOSSDORF DE LA CUBIERTA LAMINAR BRUDER-KLAUS-KIRCHE IN WINKEIN BEI ST. GALLEN.1.957-58

THE RELEVANT CREATIVITY OF HEINZ HOSSDORF

The prolific and audacious contribution of Heinz Hossdorf in all disciplines related to civil and architectonic construction contributed in a relevant way to the scientific and technical breakthroughs in the twentieth century; the use of polyester as a structural material, the pre-tensioning stone system, the aerial post-tensioning of prefabricated pieces of reinforced concrete, the Hybrids Essays on reduced models, the configuration of three-dimension models with CAD computer, the development of the method of calculation finite elements...

HEINZ HOSSDORF - UNDER THE SIGN OF SCIENCE

In 1953, almost a decade after the interval that the II World War supposed, when the scientific and technical transformation (1) proclaimed by Modernity and which Le Corbusier had defended so energetically since 1927 (2) was in full development, eager for impulses that would outline its most longed for aims -production in series and use of new materials-, the young Swiss engineer Heinz Hossdorf entered the world of civil and architectonic construction, not only designing and building novel works with new materials and new systems of production and starting the work, but also embracing all disciplines and most relevant aspects for promoting properly the New Architecture and Civil Engineering, and with it contributing to mark "a path" related to science.

Without a doubt the advances produced throughout history have always been achieved by men like Heinz Hossdorf -intuitive creators and loving observers of nature- whose care for cognitive knowledge of things has taken them to develop their activity intrinsically connected with a extensive research work, which in the case of Hossdorf has not been limited to the analysis of structural behaviour of new forms and materials but has also extended to the different methods of checking and calculation that have revolutionised the technical and scientific world of the twentieth century with the practices on reduced models and the application of computers. This special and specific model of thinking based on the understanding of reason and being, has marked all the works built by Hossdorf, making it recognisable for his intuitive innovating capacity independently of the material used, the structural type, the form, the building process or even the existence, in some cases, of co-workers in the design or execution phases. Heinz Hossdorf has always been independent, free and self-taught and has experimented or researched by himself to check the validity of his intuition, away from rules, corporations or institutions. The innovative forms of his works and his important scientific contributions in the field of practising on models, CAD, methods of checking and calculation structures are not the answer for finding originality or invention in themselves, but the result of trying to solve certain "real" problems in the most rational way without any preconceived prejudices of any type. Intuition and knowledge gave freedom to Hossdorf. Freedom achieved through his own efforts and which Hossdorf always made an effort to keep.

Hossdorf is a civil engineer -qualified- but his self-formation, his knowledge, his contributions in different fields such as civil engineering, architecture, electronics, the use of computers, heavy machinery, rehearsal on models, new materials, new systems of calculations... make him recognisable as a technician-scientist-humanist who; like Eduardo Torroja, is capable of harmonising the world of ideas with reality. His concerns and predilection for going into problems that go beyond instant solutions, problems related to the study of the greatest incognitos around us -Space, the moon, the tides...- give him a unique nuance of scientific, even "dreamy" plurality, which can remind us in some aspects of the genial and multifaceted Leonardo Da Vinci and in some other aspects of Julius Verne.

Before Hossdorf started his professional career, he came to Madrid attracted by a letter sent by Eduardo Torroja (3), who had noticed a Swiss publication where a sketch by Hossdorf was shown with a solution of pre-tensed stone for a new bridge (Fig nº1) near the historical Saint Gothard Bridge. From that moment on, the young Hossdorf started a continuous and prolific relation with the Instituto Técnico de la Construcción (ITC) -nowadays Instituto Eduardo Torroja-, which back then had already gained a prestigious leadership in the technical-scientific world at international level under the direction of Eduardo Torroja (4).

TECHNICAL AND SCIENTIFIC CONTRIBUTIONS

In the sixties Heinz Hossdorf set up his own laboratory for scientific research in Basle. It is important to take into account that while throughout the world the experimental centres for technical-scientific research being founded or consolidated were under the charge of governments, associations or strong businesses producing materials, Hossdorf sets up his own experimental laboratory for the production of materials based on the dictates of his intuition, contributing with relevant advances which would mark the progress of science in the rehearsals with models.

It is not by chance that throughout history a common denominator has been shared between all those technicians -architects and engineers- whose geniality has projected above others generating new forms, new structural types or the incorporation of new construction materials. This common denominator is nothing more but the use of rehearsal on a "physical model" to gain knowledge about structural behaviour of something that because of being new and different, it is unknown. It is

nuevos materiales, nuevos sistemas de cálculo... le hacen reconocible como un técnico-científico-humanista que, al igual que Eduardo Torroja, es capaz de armonizar el mundo de las ideas con el de la realidad. Sus inquietudes y la predilección por adentrarse en problemas que van más allá de la resolución inmediata, aquellos relacionados con el estudio de las mayores incógnitas del mundo que nos rodea -el espacio, la luna, las mareas...- le confieren un personal matiz de pluralidad científica y hasta "soñadora" que puede recordarnos en algunos aspectos al genial y polifacético Leonardo Da Vinci, y en otros al propio Julio Verne.

Antes de que iniciara su carrera profesional, Hossdorf vino a Madrid atraído por una carta que le envió Eduardo Torroja N3, a quien llamó la atención una publicación suiza en la que aparecía un boceto de Hossdorf con una solución de piedra pretensada para un nuevo puente junto al histórico puente de San Gothardo. Desde aquel momento el joven Hossdorf inició una continuada y prolífica relación con el Instituto Técnico de la Construcción -ITC, hoy Instituto Eduardo Torroja- que ya por aquel entonces había alcanzado un prestigioso liderazgo en el mundo técnico científico a nivel mundial bajo la dirección de Eduardo Torroja N4.

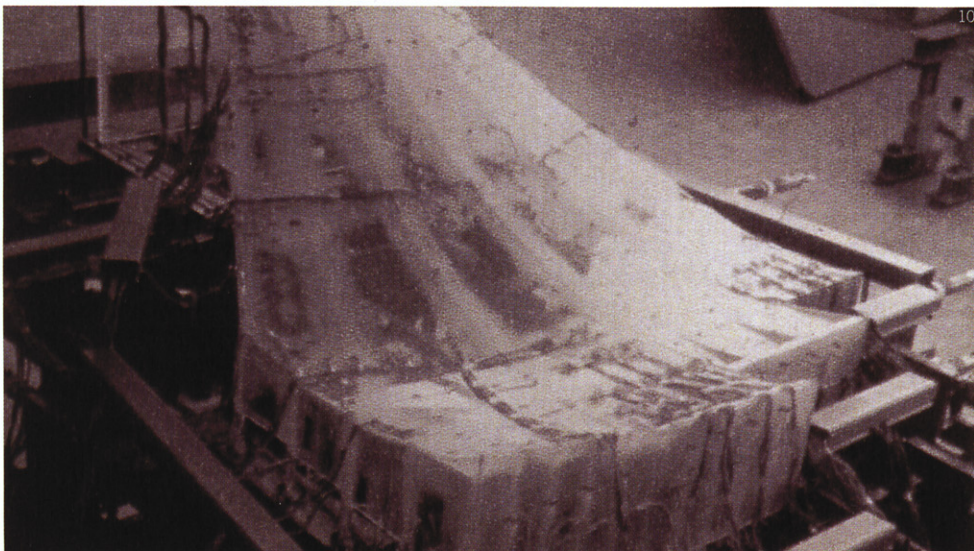
APORTACIONES TECNICAS

En la década de los años 60 Heinz Hossdorf funda su propio laboratorio de investigaciones científicas en Basilea. Es importante tener presente que mientras en todo el mundo los centros experimentales de investigación técnico-científica que aparecían o se consolidaban estaban a cargo de los gobiernos, de asociaciones o de las fuertes empresas de producción de materiales, Hossdorf monta su propio laboratorio experimental para actuar libremente según los dictados de su intuición, llegando a aportar relevantes avances que marcarían el progreso del camino científico de los ensayos sobre modelos.

No es una casualidad que a lo largo de la historia exista un denominador común entre todos aquellos técnicos -arquitectos e ingenieros- cuya genialidad ha sobresalido por encima de los demás generando nuevas formas, nuevos tipos estructurales o la incorporación de nuevos materiales a la construcción. Este denominador común no es otro que la utilización del ensayo sobre "modelo físico" para acercarse al conocimiento del comportamiento estructural de aquello que por nuevo y diferente, es desconocido. Está ya sobradamente probado que los maestros medievales, aquellos que construyeron las catedrales góticas que siguen asombrando al mundo, los utilizaron capacitándose para abandonar los gruesos y ciegos muros románicos y construir la más esbelta catedral envuelta en finas vidrieras de colores. También los utilizó Leonardo Da Vinci para analizar el comportamiento de estructuras geoméricamente semejantes, y Gaudí los utilizó para construir nuevas formas como las del Parque Güell o la Sagrada Familia, realizando con sus propias manos bóvedas invertidas a base de colgar en cables los pesos correspondientes en cada nudo formado un funicular espacial.

Eduardo Torroja -considerado el padre del nacimiento del ensayo "científico" sobre modelos- desarrolló nuevas técnicas de modelización en el Instituto Técnico de la Construcción y en el Laboratorio Central, aplicándolas no sólo a la realización de ensayos de proyectos de muy diferentes autores sino también a sus propios proyectos que tantos tipos estructurales nuevos generaron, como en el novedoso sistema de zunchado del Mercado de Algeciras, o en la espectacular estructura laminar de la cubierta del Frontón Recoletos en la que hace trabajar la macula de dos láminas cilíndricas como viga, o en la cubierta laminar del Hipódromo de Madrid, o en tantos otros. También los utilizó Maillart, encontrando en ellos la ayuda necesaria para construir sus novedosas ideas, generando nuevos tipos estructurales de puentes. Nerví los utilizó en sus investigaciones experimentales, tanto de obras suyas como en el caso del espectacular Hangar nervado para aviones en Orvieto o en el rascacielos

Encuadrados
327 / 4, 11

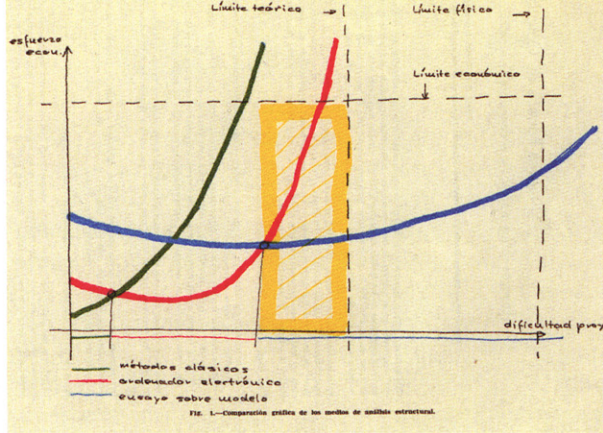


already fully proved that the mediaeval masters, those who built gothic cathedrals that still amaze the world, used the thick and solid Romanesque walls to gain the capacity of abandoning them and build the most slender cathedral cloaked in fine coloured-glass windows. Leonardo Da Vinci also used models to analyse the behaviour of geometrically similar structures, and Gaudi used them to create new forms like the ones in Parque Güell or the Sagrada Família, making hands inverted vaults with his own by hanging from cables the corresponding weights in every joint forming a spatial funicular (Fig. n°2), and Eduardo Torroja -considered the founder of "scientific" practising on models- developed new techniques of modeling in the ITC and in Laboratorio Central: He put them into practice not only on the projects of very different authors but also on his own projects which have generated many new structural types, like the novel system for fitting metallic hoops used in the market in Algeciras, or the spectacular laminar structure for the roof of Frontón Recoletos making the two-laminated cylindrical macle work as a beams, or the laminar cover for the Hippodrome among others. Maillart used them as well, finding in them the necessary help to build his novel ideas, generating new structural types for bridges, and Nervi used them in his experimental research, not only in his works like the case of the spectacular nerved Hangar in Orvieto, or the Pirelli skyscraper, but also to know the behaviour of various structures in I.S.M.E.S (Experimental Institute for Models and Structures) belonging to the Technical Institute of Science of Constructions in Milan, where he worked from 1935, and sometimes Le Corbusier used models as well, like in the laminar structure tried in the University of Tucumán, and so did Wright, even making them himself with his own hands, teaching his students to make them as tool "for thinking" in his architecture workshop in Taliesin West, and Ove Arup used models, in many works of his, in the complex structure of Sydney Opera House.

All of them did practised on models because they were interested to know about the complex physical reality of the new forms they designed, and it was clear to them that not all the forms that can be imagined can be proven through already known systems of calculation, not known back then and still not known today, in the beginning of the twenty-first century. They created new structural forms because they refused to accept the limitations of calculation, and they relied on direct research, which is the only way we have to know the world around us. We must not forget that the incredible advances produced in aviation and ships that are making the "conquest of space" possible are based, to a great extent, on the scientific character gained in the field of practising on models. But Hossdorf did not just use them to be able to build his novel works, he also got directly involved in their technical and scientific development, opening new ways of analysis for future generations. Let us remember that the practices used until the first decades of the twentieth century basically had a handicraft character and despite their huge and proven validity, they had the inconvenience of being tremendously laborious and, on some occasions, depending on the character of the work to be tried, of difficult or inexact quantification or interpretation of results. In the time between the two World Wars models stopped being handmade and became more scientifically produced by the hand of the Centres of Scientific Research that had proliferated everywhere because of the pressing need to develop higher and higher buildings and the ample variety of laminar forms of reinforced concrete and pre-tensioning, a way opened by the famous Eduardo Torroja (5).

For the development of analysis on models, Hossdorf analysed the behaviour of nature, its living creatures, its plants, everything that she produces. He analysed the laws of similarity by which it is ruled, finally publishing a book in the seventies -*Modellstatik*- (6) where he collected the observations and investigations that showed him a defined way of tackling similarity applicable to physical and mechanical behaviour of the reduced models in comparison with the prototype. He denies geometrical similarity as Nature does too by not creating geometrically similar beings. Its famous comparison between grasshopper and elephant makes patent how impossible it would be for a grasshopper the size of an elephant to exist in nature without this changing its shape or proportions between its parts because of it. "The smaller a supported part is, the smallest the structure that supports its weight".

In his laboratory he did innumerable rehearsals on reduced models with different techniques and materials (Fig. n°3), trying to get the greatest similarity of physical and mechanical behaviour to the prototype. He developed a new technique of exterior burden simulation to reproduce the effect of a group of pre-tensed cables without physically



11 · GRÁFICA DE ESFUERZOS

Pirelli, como para conocer el comportamiento de diversas estructuras en el ISMES (Instituto Experimental Modelos y Estructuras) perteneciente al Instituto de Ciencia de las Construcciones del Politécnico de Milán donde trabajó desde el año 1.935. En algunas ocasiones los utilizó Le Corbusier, como en la estructura laminar ensayada en la Universidad de Tucumán. También los utilizó Wright, incluso realizándolos de forma artesanal con sus propias manos, y enseñó a sus alumnos a fabricarlos como instrumento "de pensamiento" en su taller de arquitectura de Taliesin West. Ove Arup utilizó el ensayo sobre modelo, entre otras muchas obras, en la compleja estructura de la Opera de Sydney.

Todos ellos utilizaron los ensayos sobre modelos porque todos estaban interesados en conocer la compleja realidad física de las nuevas formas que proyectaron, y tenían muy claro que no todas las formas que se pueden imaginar pueden ser comprobadas mediante los sistemas de cálculo conocidos, ni con los que se conocían en aquellos momentos ni con los conocidos hoy día, iniciado ya el siglo XXI. Crearon nuevas formas estructurales porque se negaron a aceptar las limitaciones del cálculo, y se apoyaron en la investigación directa de modelos físicos que es el único camino que tenemos para conocer el mundo que nos rodea. No hay que olvidar que los increíbles avances producidos en la aviación y en las naves que están haciendo realidad la "conquista del espacio" están basados en gran medida en el carácter científico alcanzado en el campo del ensayo sobre modelos. Pero Hossdorf no se limitó a utilizarlos para poder construir sus novedosas obras, sino que se involucró de forma directa en su desarrollo técnico-científico aportando nuevos caminos de análisis para generaciones futuras. Recordemos cómo los ensayos realizados hasta las primeras décadas del siglo XX tenían un carácter fundamentalmente artesanal, pues pese a su enorme y demostrada validez tenían el gran inconveniente de ser tremendamente laboriosos y en ocasiones, dependiendo del carácter de la obra a ensayar, de difícil o inexacta cuantificación o interpretación de resultados. En el espacio de tiempo transcurrido entre las dos Guerras Mundiales los ensayos sobre modelos dejaron de ser artesanales e iniciaron su camino científico de la mano de los Centros de Investigación Científica que habían proliferado en todo el mundo por la apremiante necesidad de desarrollar edificios cada vez más altos y una amplia gama de nuevas formas laminares de hormigón armado y pretensado, camino que trazo el insigne Eduardo Torroja N5.

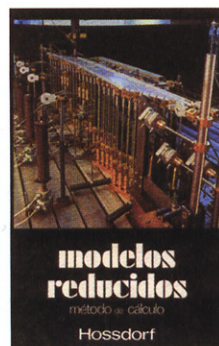
Para el desarrollo del análisis sobre modelos Hossdorf analizó el comportamiento de la Naturaleza, de sus seres vivos, de sus plantas, de todo cuanto ella produce, analizó las leyes de semejanza por las cuales se rige, publicando finalmente en los años setenta un libro -*Modellstatik*- N6 en el que recoge las observaciones e investigaciones que le llevan a una determinada forma de acometer la semejanza aplicable al comportamiento físico-mecánico de los modelos reducidos frente al prototipo. Niega la semejanza geométrica al igual que la Naturaleza la niega no construyendo seres semejantes geoméricamente. Su célebre comparación entre el saltamontes y el elefante deja patente cuan imposible sería que existiera en la naturaleza un saltamontes del tamaño de un elefante sin que éste cambiara para ello de forma o de proporciones entre sus partes: "Cuanto más pequeña es una forma sustentada, tanto más fina relativamente puede ser la estructura que sustenta su peso".

En su laboratorio realizó innumerables ensayos sobre modelos reducidos con diferentes técnicas y materiales (>07, >10), tratando de conseguir la mayor semejanza de su comportamiento físico-mecánico con el prototipo. Desarrolló una nueva técnica de simulación de cargas exteriores para reproducir el efecto de cualquier grupo de cables de pretensado sin llegar físicamente a construirse estos en el modelo, sistema que fue posteriormente utilizado facilitando la comprobación del funcionamiento estructural de puentes N7. En el año 1.967 fue Hossdorf el primero que, en su laboratorio, aprovechó la aparición del ordenador para automatizar la totalidad del proceso del ensayo, pero sin duda y pese a la importancia de este hecho la más relevante aportación científica de Hossdorf en el campo de los modelos reducidos fue la creación de los "Ensayos Híbridos", en los cuales integró en el ordenador dos tipos de lectura, una analógica y





15 · ENSAYO REALIZADO POR HOSSDORF SOBRE MODELO DEL MÓDULO PABELLÓN EXPO-64 LAUSANA. ESCALA 1:60



16

otra digital. Hossdorf entroncó la ciencia con la técnica para producir ensayos más exactos, completos, rápidos y eficaces. En los Ensayos Híbridos introdujo la utilización del ordenador con estos dos tipos de medidas; las analógicas, que son mejores para la solución de ecuaciones diferenciales lineales y no lineales, y las digitales, más adecuadas para adaptarse a problemas con ecuaciones algebraicas, de tal forma que durante el proceso del ensayo se cuenta con un continuo intercambio recíproco de datos entre ambos. Con este tipo de ensayos Hossdorf abrió un nuevo camino científico de análisis del comportamiento estructural de formas, contribuyendo a que el anticuado y en parte desprestigiado ensayo sobre modelo se convirtiera en una nueva y eficaz técnica para comprender el comportamiento resistente de estructuras especiales N8.

Pero Hossdorf no sólo utilizó su intuición e ingenio para poder construir físicamente modelos reducidos con materiales y técnicas de puesta en carga novedosas, sino que también experimentó con nuevas formas estructurales y nuevos materiales de construcción, ensayando modelos de sus propios proyectos, generando continuas y revolucionarias aportaciones técnicas, como en el caso del Pabellón para la Exposición de Intercambio Comercial de Lausana (>23 a 27) en el año 1.964, primer espacio arquitectónico construido con una estructura laminar pretensada de poliéster reforzado con fibra de vidrio de 3 mm de espesor, la primera vez que el

17 plástico se utiliza en arquitectura como material estructural (>15). En otros casos los ensayos sobre modelos tenían como finalidad exclusiva comprobar el comportamiento estructural de una "nueva forma", siendo sin embargo el material el ya conocido hormigón armado y/o pretensado, como en el caso de la cubierta del Teatro de la Opera de Basilea (>10), o el caso de la cubierta laminar de la Biblioteca de la Universidad de Basilea formada por la macia de seis paraboloides hiperbólicos en disposición radial que transmiten sus empujes a un anillo pretensado de borde, o el caso de la cubierta laminar de la Bruderklausenkirche en Winkel, una lámina de forma geométrica libre. Hossdorf además contribuyó al desarrollo de la representación tridimensional mediante CAD, interviniendo como técnico asesor de algunas de las empresas de software más importantes del mundo, como Hewlett Packard o Prime, así como en la aplicación del novedoso método de comprobación y cálculo denominado Método de Elementos Finitos.

MATERIAL Y FORMA RESISTENTE -OBRA CONSTRUIDA

Hossdorf convirtió su vida profesional en la interesante aventura de construir sus propias ideas, dándoles una forma resistente, moldeando cada vez el material que cumplía las propiedades apropiadas, y si este no existía, sencillamente Hossdorf lo inventaba. Nunca se limitó a contar con lo que había: ni las formas, ni los materiales, ni los métodos de cálculo y comprobación, fueron para él una barrera que le impidiera hacer realidad sus pensamientos, porque no se conformó con conocer lo conocido, investigó por sí mismo la realidad física que nos rodea, generando con su sensibilidad creadora nuevos y diferentes tipos estructurales y constructivos, materiales y métodos de cálculo y comprobación. Por esta razón sus obras tienen como denominador común el racional acuerdo biunívoco entre material y forma resistente pese a la variedad de formas, técnicas y materiales empleados. Pero el proceso de Hossdorf fue el inverso del que Gaudí utilizara para dar la forma definitiva a sus arcos y bóvedas, ya que mientras éste hacía coincidir la "forma" con el antifunicular de las cargas, Hossdorf -con independencia de antifuniculares- construyó siempre las formas que surgieron en su imaginación comprobándolas mediante ensayo sobre modelos con la finalidad de hacerlas resistentes sin deformarlas -sin cambiar su forma-, utilizando para ello recursos tan novedosos como el tesado de madera con finos cables (>59), el pretensado de ubicación central (>40), el poliéster reforzado con fibra de vidrio o la sustitución de un apoyo por una articulación en un arco inicialmente biapoyado (>33). Hossdorf trata de igual forma cualquiera de sus obras con independencia de su tamaño, importancia, material empleado N9, ubicación o destino, por ello además de comentar brevemente algunas de sus obras más importantes, quiero también reseñar algunos aspectos concretos de obras tal vez menos conocidas o sencillamente de menor tamaño.

having to build them in the model. This system was used later on making easier the checking of structural functioning of bridges (7). In 1967 Hossdorf was the first who, in his laboratory, took advantage of the apparition of computers for making the whole process of trying automatic. But undoubtedly, and despite the importance of this fact, the most relevant scientific contribution of Hossdorf in the fields of reduced models was the creation of the "Hybrid Rehearsals", in which he integrated in the computer two types of reading: analogical and digital. Hossdorf linked science with technique to produce more exact, complete, quick and efficient rehearsals. In the Hybrid rehearsals he introduced the use of the computer with these two types of measurement; analogical, which are better for solving lineal and no lineal differential equations, and digital, more adequate for adapting to problems with algebra equations, in such a way that during the process of trying you can count on a continuous reciprocal exchange of data between both of them. With this type of essay Hossdorf opened a new scientific way of analysing the structural behaviour of forms, contributing to making the old-fashioned and partly discredited rehearsal on model into a new and efficient technique for understanding the resistance behaviour of particular structures (8).

But Hossdorf not only used his intuition and inventiveness to be able to physically build reduced models with novel materials and techniques, but also experimented with new structural forms and new materials trying models of his own designs, generating continuous and revolutionary technical contributions, as in the case of the Pavilion for the Exhibition of Commercial Exchange in Lausanne in 1964, the first architectonic space to be built with a pre-tensed laminar structure of polyester reinforce with 3 mm thick fibreglass, the first time that plastic was used as structural material in architecture (Fig n°4). In other cases the practice on models had as its only purpose checking the structural behaviour of a "new shape", whether in the already known reinforced concrete or pre-tensed concrete the material used though, as in the case of the roof for Basle Opera House, or the case of the laminar roof for the University Library in Basle formed by the macia of six hyperbolic parabolics in radial disposition transmitting their pressure to a pre-tensed border ring, or in the case of the laminar roof the Bruderklausenkirche in Winkel, a sheet of free geometrical shape/form.

Hossdorf also contributed to the development of three-dimension representation with CAD, working as technical advisor for some of the most important software businesses in the world, like Hewlett Packard and Prime, as well as the application of the novel method of checking and calculation called method of Finite Elements.

MATERIAL AND RESISTANT FORM - BUILT WORKS

Hossdorf made his professional life into the interesting adventure of building his own ideas, giving them a resistant form moulding each time the material which had the appropriate properties, and if it did not exist, Hossdorf simply invented it. He never just counted on what there was, forms, materials, methods of calculation and checking were not a barrier that stopped him from realising his ideas, because he was not satisfied with knowing the known, he researched for himself the physical reality around us, generating with his creative sensibility new and different structural and construction types, materials, and methods of calculation and checking. For this reason his works have as a common denominator the two-ways rational agreement between material and resistant form despite the variety of forms, techniques and materials used. But the process that Hossdorf used was the opposite to the one used by Gaudí to give definitive form to arches and vaults, because whereas the latter made the "form" coincide with the anti-funicular for loads, Hossdorf -regardless of anti-funiculars- always built the forms that surged from his imagination checking them through practices on models with the aim of making them resistant without "deforming" them -without changing their form- using for this resources like tensing wood with thin cables, central location pre-tensing, polyester reinforced with fibreglass, or the substitution of a support with a joint in an initially two-supported arch. Hossdorf treats all his works in the same way regardless of their size, importance, material used (9), location or use. That is why apart from commenting briefly on some of his most relevant works, I also want to point out some specific aspects of works less known or simply of smaller size.

HEINZ HOSSDORF

INDUSTRIAL PREMISES IN GOSSAU - 1954-55

Hossdorf was asked by the architects Danzeisen and Voser to participate in the project of an industrial building generated by the sequence of cylindrical sheets with inclined axis which had a height of 30 metres. The basic problem he had to solve was trying to optimize the resistant edge of these sheets, because the intention was to let the light from the north side penetrate through the gap between the sheets, and the fact that they needed an edge about 30-cm thick seemed insurmountable. In the hands of Hossdorf, the intention of solving a problem, of making the light penetrate with that geometrical form, becomes a rational "innovation": the use of "mixed edges" (Fig. n°5). Hossdorf is the first to use mixed edges of reinforced concrete and metallic trusses, which were so prolifically used, later on, by Felix Candela amongst others.

He designed the cylindrical sheets with only 6 cm of edge in the keystone and 12 cm in the sides, producing them out concrete reinforced in situ, putting curved metallic trusses between the sheets (Fig. n°6 and n°7), in a way that the edges of the arches are connected between them through a latticework of circles becoming the superior and inferior laces of the lattice, and accommodating curved windows with a maximum width of 2.40 metres through which light penetrates in. The need for joints, because of their length (50 metres), was solved by making in situ longitudinal beams rigidly put together with the ends of the sheets, but supported on isolated metallic elements coinciding with the joint of the arches, thus allowing longitudinal movement (10).

PAVILION FOR THE SWISS COMMERCIAL EXCHANGE EXHIBITION 1964
Hossdorf was looking for light; he wanted to achieve an open pavilion which roof was sufficiently transparent. He projected to cover a surface of 8,214 m² with 24 modules 18.15 metres long with the shape of a mushroom like an inverted umbrella. Each module was formed by a central pillar made of steel sheets on which rested a laminar structure with double curve made in polyester reinforced with fibreglass of only 3 mm thickness (Fig. n°8 and n°9), with steel aris like rods which connected to a central device which allowed the tensing of cables tractioning the whole plastic surface of the roof (11).

Looking for transparency, Hossdorf invented a new material -polyester reinforced with fibreglass contributing with this plastic material to the world of architectonic construction. In his laboratory he tried out not only the appropriateness of the structural behaviour of the projected form, but also the different mixtures of polyester and fibreglass searching for the adequate module of elasticity, trying even 30% of fibreglass (E=80.000 kg/cm²). The Pavilion was not only the image of the 7th Swiss Commercial Exchange Exhibition in 1964, but also the front page of the official bulletin of the International Association of Structural Sheets (IASS).

CENTRAL WAREHOUSE WAGEN CONSORTIUM - 1958-61

In this instance the main demand of the owners was the need to building a surface of 13,500 m² in the minimum time possible. Because of this Hossdorf concentrated from the first moment on designing a laminar cover made by pieces of prefabricated reinforced concrete, which gave the opportunity to overlap in time their fabrication with the re-planning of work and execution of cellars and supports (12). The originality of this project consists in the "creation of aerial post-tensing, because Hossdorf is the first to use this technique, which consists in taking out of the concrete mass the post-tensed framework, optimizing the amount of material used in the prefabrication of the piece, and opening without doubt new possibilities for the prefabrication industry and technification of mass production. The laminar cover was formed by 1,152 prefabricated pieces of reinforced concrete of 8.40 x 1.40 metres of development in plant, and 4.5 cm thickness, they had a curved guideline which permitted the connection of 18 units through aerial post-tensing, forming independent modules of 8.40 metres wide and 25.20 metres of light between supports. The post-tensing cables adopts a curved line resting on the exterior part of the piece that generates the covering laminar structure, having a resistant edge 4.5 cm thick of reinforced concrete, with a small increase in its upper part with edges of 15 cm with the multiple purpose of: housing the anchorage of the post-tensing cables outside the mass of reinforced concrete itself, of the rest of the laminar surface of the piece, absorbing flexion, making easier transport and the start of the work and helping as support for the final covering of the roof.

Hossdorf did a try out on a reduced model (Fig. n°10) to determine the complex process of post-tensing the six anchorage points of cables in each modular nerve, developing a new system for putting in load, but he also made diverse attempts related to the determination of the best solution for filling material and disposition of joints between the prefabricated pieces. As a result of these attempts, he eliminated framework waiting for joints between pieces, simplifying and making cheaper the cost of fabrication and starting work, executing the joints almost dry. The post-tensing cables, situated on the upper part of the laminar structure, were protected with three layers of injected mortar in the interior of the sheath and bitumen paint. The final covering was made with undulated sheets of eternita fixed on the nerves that define the modular limits of each piece.

The rationality of the project is not only manifested in the optimisation of costs, time, and building process, but also in the two-ways relationship that it generated between "resistant form" and Architecture. So the ledge edge of the prefabricated pieces serves to house the anchorage of post-tensing cables, increases the rigidity of the piece and is also destined to receive the covering of the roof, completing the totality of the architectonic image.

RESTORING THE CHURCH IN PFEFFINGEN

The roof of the historical church in Pfeffingen (13) had collapsed, only the walls made of stone which delimited the only nave that had existed from the

beginning were standing. To recover the spatial symmetry lost, but without turning to violent reconstruction, Hossdorf designed trusses of laminated wood with a similar section to a Swiss knife, in which he eliminates the strut and finishes off the truss with an arched piece to achieve the vaulted image without visual impediments (Fig. n°11). The elimination of these struts could have complicated the structural solution needed to counteract the pressure of the arch on the old walls of the nave 10 metres of free light. Respecting the remains of the walls of the old church, Hossdorf instead of increasing their resistant section or projecting pillared reinforcements near the new trusses, which would have mutilated the historical legacy, maintains the old walls intact eliminating the pressure of the arch by making a patella on one of the extremes, this way he avoids the apparition of the strong horizontal component in the link between the arch and the wall owing to its reduced guideline. So the only horizontal component is that resultant from the wind and the inherent friction existing in the joint, both pressures are of smaller magnitude than the one that would have resulted with the solution of trusses in a reduced arch with two supports, and both are absorbed by two laminated steel struts that Hossdorf puts inlaid in the two gable ends that close the church, in such a way that they are concealed without interfering in the vaulted image in the interior of the church. This simple solution to keep the remains of the church in Pfeffingen intact, recuperating its vaulted image, is a simple example that confirms Hossdorf's specific process of thinking, he does not search for "invention", or being original or genial, he tries in each case to solve a determined problem in a rational way, and when it is possible and his aesthetic sensibility demands it, he opts for simple, traditional materials and building techniques although always gifted with those resources that one can only have if one really knows the physical and mechanical behaviour of a structural form and the specific way of "moulding" certain material.

GARAGE ZOLLI - 1953-54

In the prolific variety of structural and constructive types that Hossdorf projected and built, there are also cases of intervention in the conservation of the urban weave with performances that culminate in original and rational solutions, like in the case of Garage Zolli (14). It was necessary to build a car park under a public garden, but it was desirable to keep the special charm of the irregular topography of the plot. Hossdorf designed an original vaulted section of the structural complex, where inclined pillars in V shape are integrated following the continuity of the geometrical line of the resultant tension transmitted by the laminar structure of the roof. This clearness of drawing, equal to the medieval gothic masters, optimized from its own structural form (Fig. n°12, n°13 and n°14), not only the resistant sections of each one of its elements, but also the functionality of the designed space, generating porticoes with three openings where between their supports are established one central and two lateral accesses for the car park. With a distance of 20 metres between the screen walls which define its border, and with the huge permanent pressure of the natural terrain of the existing garden on its vaulted cover, Hossdorf designs a laminar structure of only 12 centimetres thick, made of reinforced concrete, which transmits the efforts to the inclined pillars on the first floor, whose inclination makes possible the elimination of the traction framework in the central part of the opening. The reinforcement on the first floor is a nerved sheet whose nerves are disposed following a rhomboidal net (Fig. n°15), which contributes optimizing the structural functioning of the complex.

CEMENT FACTORY IN LIESBERG - 1961-63

A curious example is the roof of the cement factory in Liesberg (15), where Hossdorf uses a special tensing system located in the central part of the laminar structure, situating the cables in radial form in the sheet thus avoiding having to increase the section of the edge to house the anchorage (Fig. n°16 and n°17). The cover is an undulated laminar structure generated by the continuous sequence of seven cannon sheets 7 metres of light with radius of exterior curve of 5.60 metres and a total length, each one, of 27 metres, so the light between supports is 20 metres having at its extremes two flights of three metres each. This undulated laminar structure of working type "beam" (15) supports in its extremes a continuous sequence of arches of minimum section reinforced with light steel struts (Fig. n°18 and n°19). The originality brought by Hossdorf in this case is again owed to the clear symbiosis between material and resistant form, avoiding the generation of thick edges through the adequate use of the system and positioning of the pre-tensing. Hossdorf proves once again with his work the veracity of his words: "...the reinforcement of the edge as necessary resistant element, is pure invention of the classic theory of sheet with vaulted form, physically it can be completely disregarded".

LABORATORY FOR SECHERON LIESBERG FACTORY

In another of the projects built with prefabricated structural elements where Hossdorf minimise the number of different elements, optimizing and rationalising the work from the production in workshop to the start of work, projecting a different and novel typological alternative as well. In this case the needs of functional space demanded a symmetrical lineal distribution with two ample sections for work which should have great skylights in their central parts. The design was developed on a plant 53.30 m x 24.30 m, with a structure formed by a longitudinal central beam with thick edge, the only reinforced concrete element not prefabricated in workshop (Fig. n°20, n°21 and n°22), which like a dorsal spine receives the three dimensional prefabricated corbels of reinforced concrete, located every 2'50 m, which fly to the centre of each lateral working section, in such a way that the skylights hang in their extremes which in turn support the lateral corbels received on the pillars that define the exterior perimeter of the building (Fig. n°23 and n°24). The stability of the complex is guaranteed by the geometrical form of its elements and its system of joints,

so the three dimensional corbels resting on the thick edge central beam, are formed by two elements, a lineal upper cord and a lower mainstay in V shape which impedes longitudinal movement. The skylights are formed by two cords connected by triangle cables, linking the lower one to the extreme of the last corbel. In this way, with only four different prefabricated elements; three dimensional corbels (on central beam), skylight, simple corbels (on exterior pillars), and pillars the whole building is done (16).

ASSEMBLY HALL FOR RUDOLF STEINER SCHOOL 1964-67

In 1966 Hossdorf designed an original structure moulding the concrete like a polyhedron sculpture, as an answer to the spatial definition of the assembly hall for the school "Rudolf Steiner" designed by the architect H.F. Leu. The tribune in the hall projects over the lower floor, also allowing the weight of the roof to gravitate on it (Fig. n°25 and n°26). Hossdorf solved this situation of load through triangulation and the introduction of two pre-tensed struts located in the corners, avoiding the apparition of thick edges in the enormous, loaded corbel. The cover is a polyhedron of triangular faces built with concrete reinforced in situ 12 cm thick, its folds or edge concentrate the load in the borders of the projecting body -the tribune of the assembly hall- concentrating most of it in its two corners. Hossdorf fixes the projecting tribune through two pre-tensed struts, resting on the lower floor through mainstays, an audacious combination of traction and compression, having tried it out on a model to check it (17) (Fig. n°27).

CENTRAL CONCRETE MIXER IN GUNZGENSO 1960-62

Hossdorf designed a factory for industrialisation of concrete and classified aggregates in Gunzgenso, near the river Aare. The complex is formed by three buildings (Fig. n°28), the main one destined to making gravel, connected to the river by a simple and original metallic bridge for transport formed by tubular elements of easy assembly (120 metres long), another building destined to making concrete and the last one where bitumen concrete is prepared, both connected with the main one from which they receive aggregates once it has been classified (18). In all the buildings the concrete is at the same time structural and skin material. The main building standing out for its original and attractive image (Fig. n°29), which responds to the radical and unique relationship between its function and its form. This building is formed by the macle of two bodies (Fig. n°30), the lower one as a base of truncated pyramidal section where the silos that store the classified aggregates are situated, developed on a plant 37.40 x 28.20 metres, reaching a height of 13.20 where the width is reduced from 37.40 m to 10.20 m, thus generating a strong slope in its edges which coincides with the incline of the slope form by the stored gravel. The upper body is a rectangular prism (10.20x28.20 m), which macles on the basement having a height of 15.80 metres distributed in three reinforcement. The structure of the basement is formed by a succession of transversal walls of reinforced concrete braced by a intermediate longitudinal wall, in such a way that the silos of inclined cover formed by prefabricated triangular pieces are situated in the intermediate spaces which leaves on open space to proceed with the loading of gravel. The upper body is formed by prefabricated porticoes of reinforced concrete with an auto-able shuttering composed by prefabricated folded pieces of reinforced concrete of only 6 cm thickness, whose form not only gives more rigidity but eases its piling during the production and assembly process.

WOODEN PARABOLIC WITH CURVED BOARDS

Hossdorf projected the roof for a family house designed by the architects Schwartz and Guttman (Fig. n°31, n°32 and n°33) using for this the shape of a hyperbolic parabolic on a plant 14 x 20 metres. Because the size, shape/form and building system did not wholly correspond with the work already done, Hossdorf turned to -like he did when it was needed- practising on a model to know the mechanical behaviour of the laminar structure projected with slender and flexible wooden boards (19).

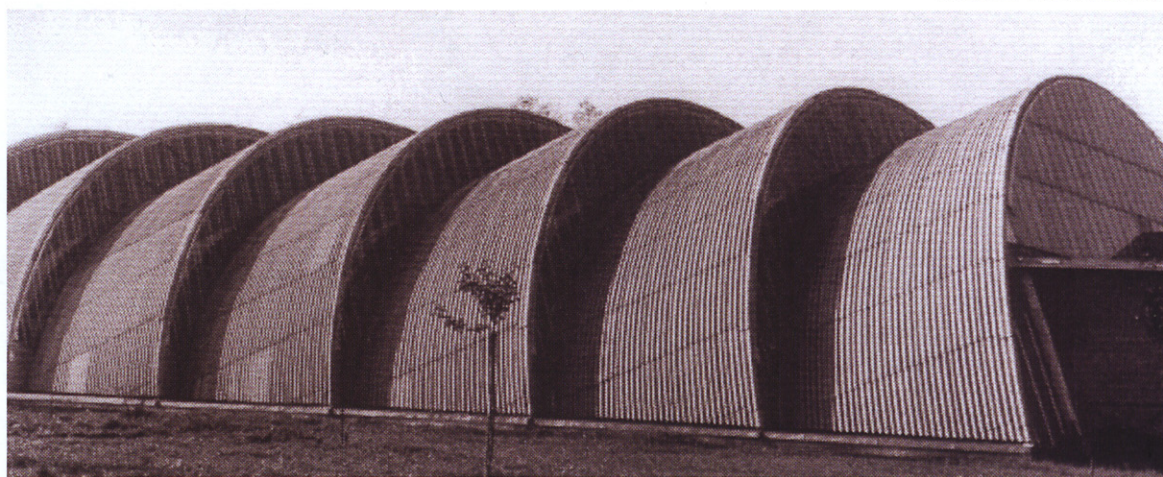
Functionality inspired the form, and the chosen material was moulded to follow accurately the resistant hyperbolic geometry. But Hossdorf does not solve structures genially so that afterwards it is necessary that others finish them also carrying out his functional requirements. Because of this, in this case he builds a laminar structure with two groups of curved boards crossed and nailed to each other and covered by a flexible layer of isolation and waterproofing and a final layer of boards (Fig. n°34), collecting the pluvial waters in a hidden wooden gutter.

WOODEN FOLDED PAVILION

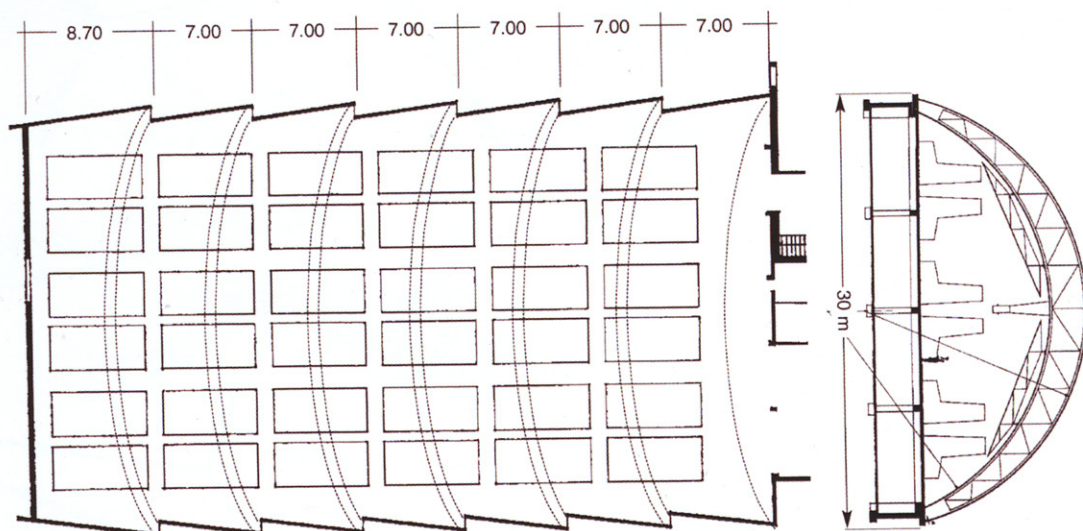
One of the structural techniques most used by Hossdorf is possibly the pre-tensing and post-tensing of forms to optimize their mechanical behaviour and thus material exploitation, whatever this was: stone, plastic, concrete, steel or wood. An example of post-tensed wood, is the roof that Hossdorf did for a small pavilion in Basle (20). The geometrical shape corresponds to a traditional wooden trough where Hossdorf substitutes the assembled elements that guarantee the spatial distribution of pressures by a simple frame of boards connected to the pairs like a triangular stepladder -a folding surface- whose perimeter inclination Hossdorf makes simply by putting in the exterior part cables with a few millimetres of section which are post-tensed. Three in each flap 0'60, 1'20 and 1'80 from the support, doing away the need for metallic hoops, oblique wooden beams and flaps. In this way the pressures of the pairs are compensated by the post-tensing of only 12 cables, eliminating the need to use horizontal wooden beams 13 metres long, whose traditional wooden edge would have impeded the entrance of natural light in the whole perimeter of the roof. This structural solution of Hossdorf folding the wood, melts with the inner skin of the trough increasing the rationality of its beauty (Fig. n°35).

NAVE INDUSTRIAL DE GOSSAU, 1.954-55

- 19 Heinz Hossdorf fue solicitado por los arquitectos. Danzeisen y Voser para intervenir en el proyecto de una nave industrial generada por la secuencia de láminas cilíndricas de eje inclinado que salvaban una luz de 30m. El problema fundamental que tenía que resolver era conseguir optimizar el canto resistente de dichas láminas, ya que se pretendía que la luz de norte penetrara en la nave a través del espacio entre láminas, y parecía insalvable el hecho de necesitar unos 30 cm de canto. En manos de Hossdorf, la intención de resolver un problema, de conseguir con aquella forma geométrica hacer penetrar la luz, se convierte en una racional "innovación" - la utilización de "cantos mixtos" (>21). En efecto, es Hossdorf el primero en utilizar cantos mixtos de hormigón armado y cerchas metálicas, que de forma tan prolifera sería utilizadas posteriormente entre otros por Felix Candela.
- Las láminas cilíndricas las proyectó con tan solo 6 cm de canto en la clave y 12 cm en extremos, ejecutándolas con hormigón armado in situ, colocando unas cerchas metálicas curvas entre las láminas (>22), de forma que los bordes en arco se conectan entre sí mediante celosía de redondos convirtiéndose en los cordones superior e inferior de la celosía, y albergando los ventanales curvos de 2,40 metros de amplitud máxima a través de los cuales penetra la luz. La necesidad de juntas debida a su longitud (50 m), la resolvió ejecutando en el terreno vigas longitudinales rígidamente unidas a los arranques de las láminas, pero apoyadas sobre elementos aislados metálicos coincidentes con las articulaciones de los arcos, permitiéndose así del desplazamiento longitudinal.



20 - EXTERIOR DE LA NAVE INDUSTRIAL DE GOSSAU. SECUENCIA DE LAS LÁMINAS CILÍNDRICAS DE EJE INCLINADO



21 - PLANTA Y SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA NAVE INDUSTRIAL DE GOSSAU



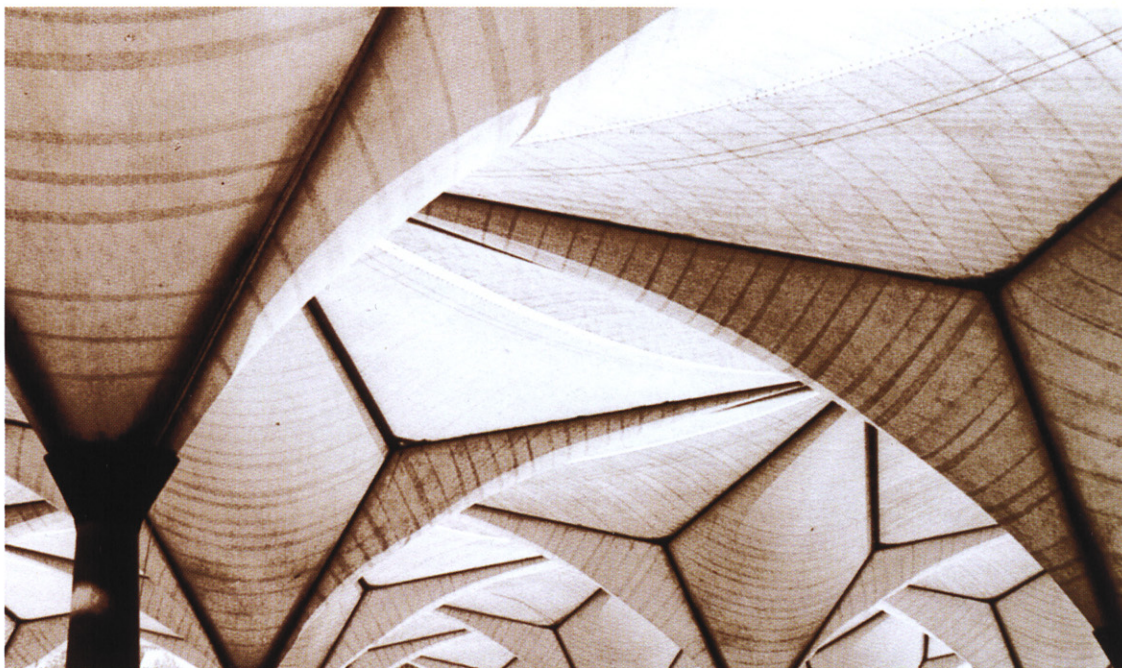
22 - INTERIOR DE LA NAVE INDUSTRIAL DE GOSSAU. CANTOS MIXTOS PROYECTADOS POR HOSSDORF OPTIMIZANDO EL ESPESOR DE LA ESTRUCTURA LAMINAR A FAVOR DE LA PENETRACIÓN DE LA LUZ NATURAL.

HEINZ HOSSDORF

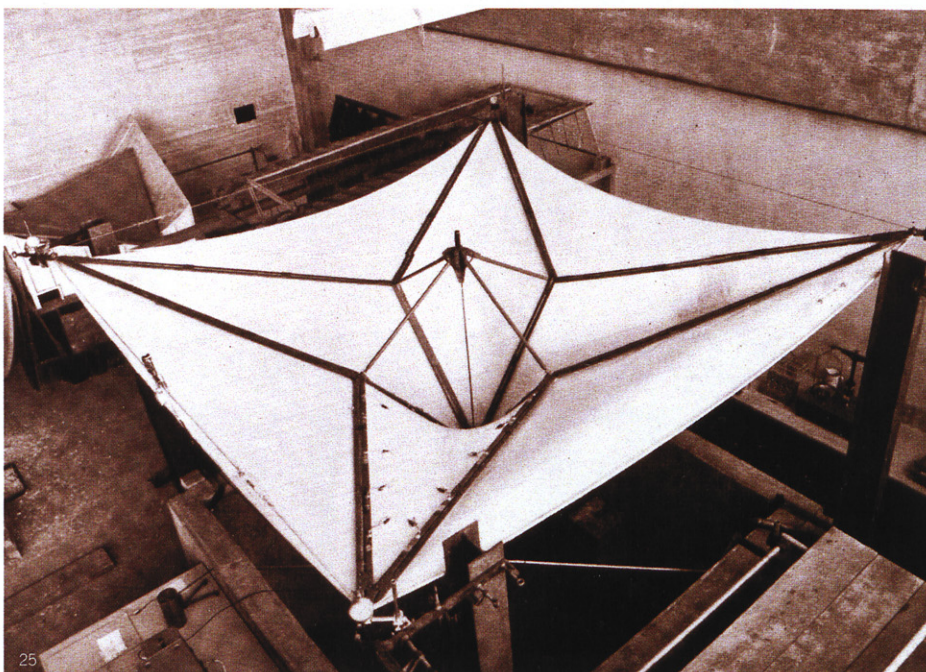
23 PABELLÓN DE INTERCAMBIO COMERCIAL EXPOSICIÓN NACIONAL SUIZA 1.964

Hosssdorf buscaba la luz, quería conseguir un pabellón abierto cuya cubierta fuera suficientemente transparente. Proyectó cubrir la superficie de 8.214 m² con 24 módulos de 18,50 de lado en forma de hongo a modo de paraguas invertido. Cada módulo estaba formado por un pilar central ejecutado en chapa de acero sobre el que apoyaba una estructura laminar de doble curvatura ejecutada en poliéster reforzado con fibra de vidrio de tan solo 3 mm de espesor (>25), con aristas de acero a modo de varillas que unidas a un dispositivo central permitía tensar los cables traccionándose la totalidad de la superficie plástica de la cubierta.

Buscando la transparencia Hosssdorf inventó un nuevo material - poliéster reforzado con fibra de vidrio - aportando el material plástico al mundo de la construcción arquitectónica. Ensayo en su laboratorio, no solo la bondad del comportamiento estructural de la forma proyectada sino también diferentes mezclas de poliéster y fibra de vidrio en busca del adecuado módulo de elasticidad, llegando a utilizar un 30% de fibra de vidrio ($E = 80.000 \text{ kg/cm}^2$). El pabellón, no solo protagonizó la imagen de la 7ª Exposición Comercial Suiza de Intercambio Comercial en 1.964, sino también la portada del boletín oficial de la Asociación Internacional de Estructuras Laminares Lass.

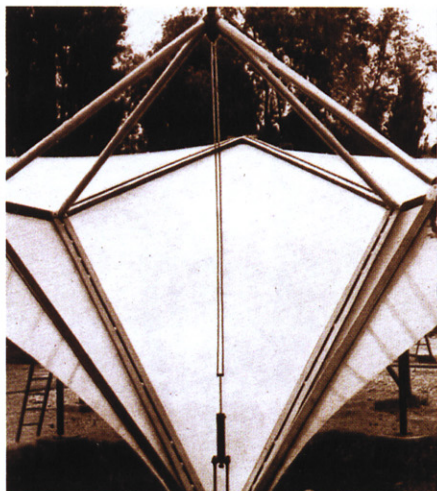


24 - INTERIOR DEL PABELLÓN ABIERTO DE INTERCAMBIO COMERCIAL PROYECTADO Y CONSTRUIDO POR HEINZ HOSSDORF PARA LA EXPOSICIÓN NACIONAL SUIZA DE 1.964 EN LAUSANA. POR PRIMERA VEZ EL PLÁSTICO SE INCORPORA A LA ARQUITECTURA COMO MATERIAL ESTRUCTURAL

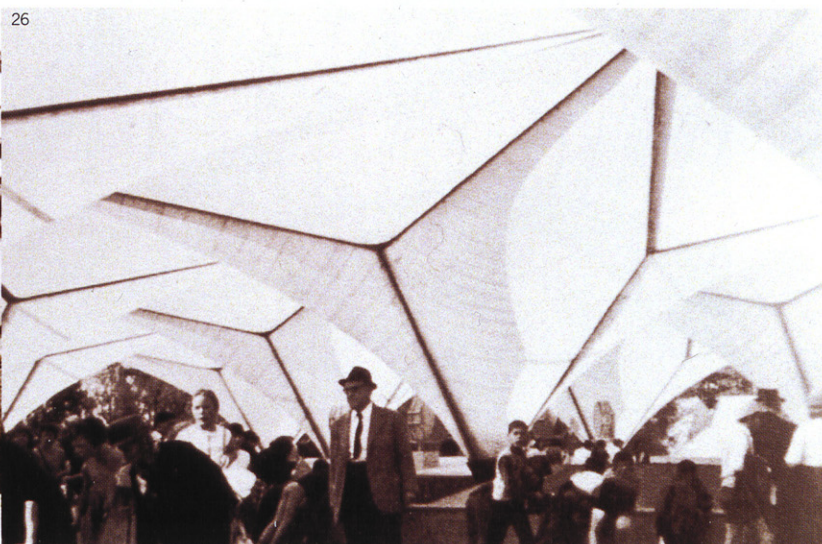


25

26



27 - SISTEMA DE TESADO DE UNO DE LOS MÓDULOS PROYECTADOS POR HOSSDORF PARA EL PABELLÓN DE LA EXPOSICIÓN DE LAUSANA 1.964



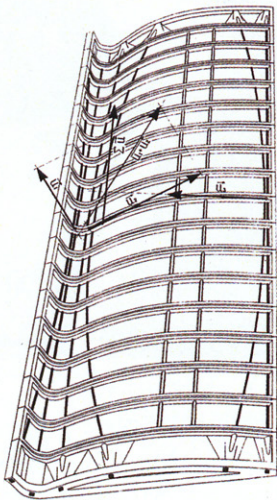
ALMACEN CENTRAL DEL CONSORCIO WAGEN - 1.958-61

28 En esta ocasión la exigencia prioritaria por parte de la propiedad era la necesidad de construir una superficie de 13.500 m² en el menor espacio de tiempo posible, por ello Hossdorf se centra desde el primer momento en proyectar una cubierta laminar a base de piezas de hormigón armado prefabricadas, que le daban la oportunidad de solapar en el tiempo su fabricación con los replanteos de la obra y ejecución de sótanos y soportes. La originalidad de este proyecto consiste en el "nacimiento del postesado aéreo", ya que es Hossdorf el primero que utiliza esta nueva técnica, consistente en sacar fuera de la masa del hormigón la armadura postesa, optimizando la cantidad de material utilizado en la prefabricación de la pieza, y abriendo sin duda nuevas posibilidades para la industria de la prefabricación y tecnificación de la producción en serie. La cubierta laminar estaba formada por 1.152 piezas prefabricadas de hormigón armado de 8,40 x 1,40 metros de desarrollo en planta, y 4,5 centímetros de espesor, tenían una directriz curva que permitía unir 18 unidades mediante "postesado aéreo" formando módulos independientes de 8,40 metros de ancho y 25,20 metros de luz entre apoyos. Los cables postesos adoptan un trazado curvo apoyándose en el trasdós de la pieza que genera la estructura laminar de cubierta, contando con un canto resistente de 4,5 cm de espesor de hormigón armado, con un pequeño aumento en los bordes de 15 cm en su cara supe-

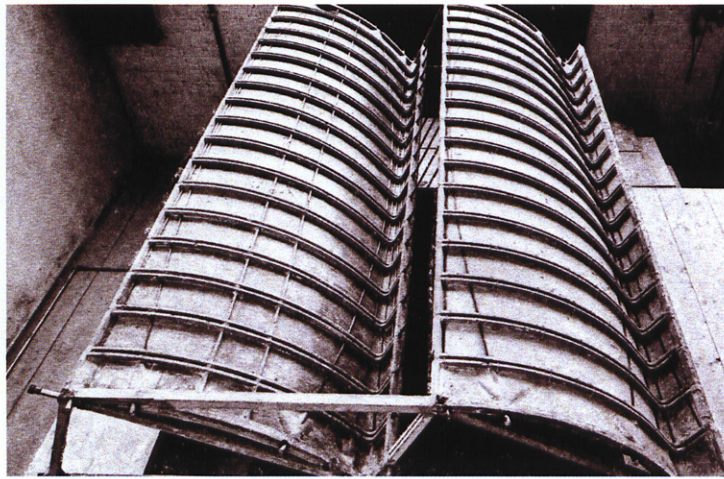
rior con la múltiple finalidad de: albergar el anclaje de los cables de postesado fuera de la propia masa de hormigón armado del resto de la superficie laminar de la pieza, absorber flexiones, facilitar el transporte y puesta en obra y servir de apoyo al recubrimiento final de la cubierta.

29 Hossdorf realizó un ensayo sobre modelo reducido (>31) para determinar el complejo proceso de postesados de los seis puntos de anclaje de cables de cada nervio modular, desarrollando un nuevo sistema de puesta en carga, sino que realizó también diversos ensayos relacionados con la determinación de la mejor solución de material de relleno y disposición de juntas entre las piezas prefabricadas. Como resultado de sus ensayos, suprimió las armaduras en espera de juntas entre piezas simplificando y abaratando el coste de fabricación y puesta en obra, ejecutando las juntas prácticamente en seco. Los cables de postesado, situados sobre el trasdós de la estructura laminar, se protegieron con tres capas de mortero inyectado en el interior de la vaina y pintura de betún. La cubrición final se realizó a base de placas onduladas de eternita fijadas sobre las nervaduras que definen los límites modulares de cada pieza.

La racionalidad del proyecto de Hossdorf no solo se manifiesta en la optimización de costes, tiempo, y proceso constructivo, sino en la propia relación biunívoca que genera entre "forma resistente" y Arquitectura.



30



31 · ENSAYO REALIZADO POR HOSSDORF SOBRE MODELO DE LA CUBIERTA LAMINAR DEL ALMACÉN DEL CONSORCIO WAGEN.1.958-61. POSTESADO AÉREO -CABLES DE POSTESADO EN EL TRASDÓS DE LA LÁMINA-

RESTAURACIÓN DE LA IGLESIA DE PFEFFINGEN

32 La cubierta de la histórica iglesia de Pfeffingen se había desplomado, tan solo quedaban en pie los muros de fábrica pétreo que delimitaban la única nave con la que contaba desde un inicio. Para recuperar la geometría espacial perdida, pero sin recurrir a una reconstrucción violetana, Hossdorf proyecta cerchas de madera laminada de sección similar al cuchillo suizo, en el cual suprime el tirante y remata la cercha con una pieza en arco para conseguir la imagen abovedada sin impedimentos visuales (>34). La supresión de estos tirantes podría haber complicado la solución estructural por tener que contrarrestar el empuje del arco sobre los antiguos muros de la nave de 10 metros de luz libre. Respetando los restos murarios de la antigua iglesia, Hossdorf en lugar de incrementar su sección resistente o de proyectar refuerzos apilastrados a pie de las nuevas cerchas, actuaciones que hubieran mutilado el legado histórico, conserva los antiguos muros intactos eliminando el empuje del arco por medio de la ejecución de una rótula

33 en uno de sus extremos, de esta forma evita la aparición de la fuerte componente horizontal en el encuentro entre el arco y el muro debido a su rebajada directriz. Así la única componente horizontal es la resultante procedente del viento y del propio rozamiento existente en el nudo, ambos empujes son de menor envergadura que el que hubiera resultado de la solución de cerchas en arco rebajado biapoyado, y ambos quedan absorbidos por dos tirantes de acero laminado que Hossdorf sitúa embutidos en los dos hastiales que cierran la iglesia, de tal forma que quedan ocultos sin interferir en la imagen abovedada del interior de la iglesia. Esta sencilla solución de Hossdorf para conservar intactos los restos de la iglesia de Pfeffingen recuperando su imagen abovedada, es un sencillo ejemplo que viene a confirmar el específico proceso de pensamiento de Hossdorf, que no busca el "invento", ni busca ser original o genial, busca en cada caso



34 · CERCHA DE MADERA PROYECTADA POR HOSSDORF EN LA RESTAURACIÓN DE LA IGLESIA DE PFEFFINGEN (SUIZA)

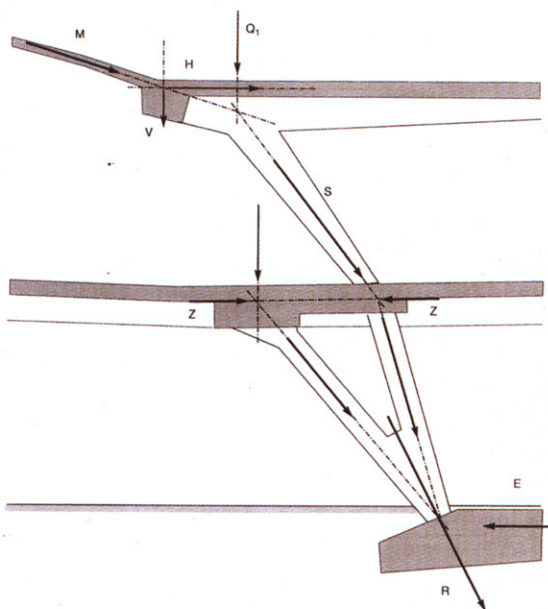
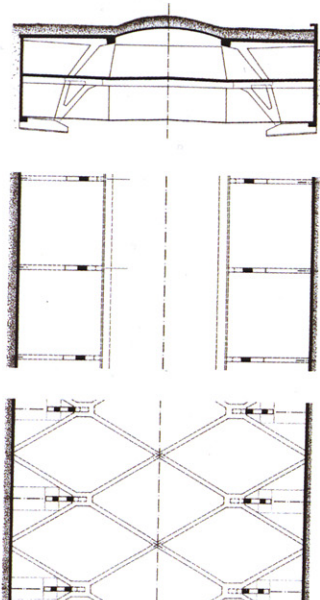
resolver de forma racional un determinado problema, y cuando este lo permite y su sensibilidad estética lo demanda opta por materiales y técnicas constructivas sencillas, tradicionales, aunque siempre dotadas de esos recursos que solo puede uno tener si conoce realmente el comportamiento físico-mecánico de una forma estructural y la específica manera de "moldear" un determinado material.

HEINZ HOSSDORF

GARAGE ZOLLI - 1.953-54

35 En la prolífica variedad de tipos estructurales y constructivos que Hossdorf proyecta y construye existen también casos de intervención en la conservación de la trama urbana con actuaciones que desembocan en originales y racionales soluciones como es el caso del Garage Zolli (14). Era necesario construir un aparcamiento debajo de un jardín público, pero era deseable mantener el especial encanto de la irregular topografía natural del terreno. Hossdorf proyecta una original sección abovedada del conjunto estructural, en la cual los pilares inclinados en forma de V se integran siguiendo la continuidad del trazado geométrico de la resultante tensional transmitida por la estructura laminar de cubierta. Esta limpieza de trazado, al igual que la de los maestros medievales góticos, optimiza desde su propia forma estructural (>37), no solo las secciones resistentes de cada uno

de sus elementos, sino también la funcionalidad del espacio proyectado, generando pórticos de tres vanos entre cuyos apoyos se establece un acceso rodado central y dos laterales para aparcamiento. Con una distancia de 20 metros libres entre los muros pantalla que delimitan su borde, y con la enorme carga permanente del terreno natural del jardín existente sobre su cubierta abovedada, Hossdorf proyecta una estructura de laminar de tan solo 12 centímetros de espesor, ejecutada con hormigón armado, que transmite los esfuerzos a los pilares inclinados de la primera planta, cuya inclinación hace posible la desaparición de la armadura de tracción en la zona central del vano. El forjado de planta primera es una placa nervada cuyas nervaduras se disponen siguiendo una malla romboidal (>38), que contribuye a optimizar el funcionamiento estructural del conjunto.



36 - GARAJE ZOLLI. SECCIÓN TRANSVERSAL Y PLANTAS 1.953-54 INGENIERO HEINZ HOSSDORF, ARQUITECTOS OTTO UND WALTER SENN, BASEL

37 - GARAJE ZOLLI. ESQUEMA DE DIRECCIONES DE CARGAS INTEGRADAS EN LA PROPIA FORMA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

38 - GARAJE ZOLLI ARMADO DE LA PLACA DE MALLA ROMBOIDAL DE LA PLANTA PRIMERA ^^

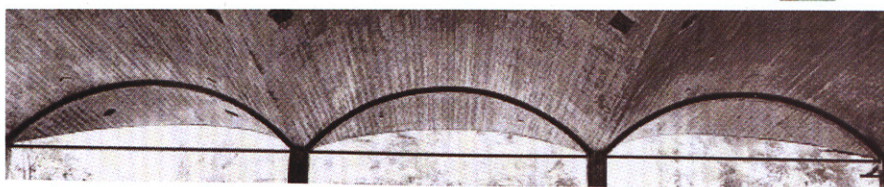
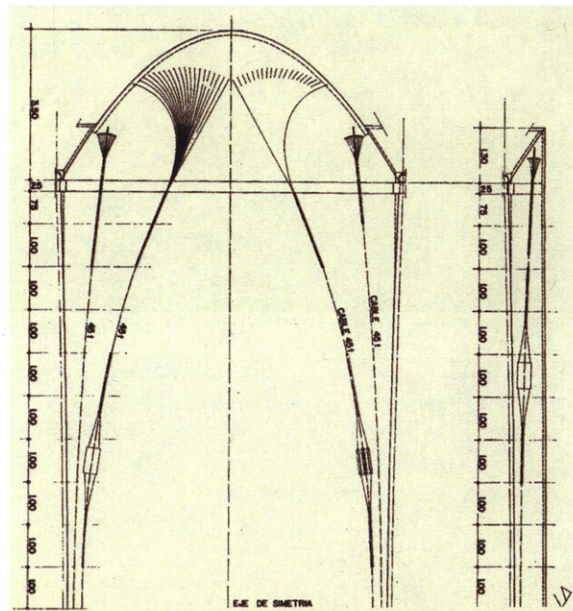
39 - PILAR EN V DEL GARAJE ZOLLI ^

FABRICA DE CEMENTO EN LIESBERG 1.961-63

40 Un ejemplo curioso es la cubierta de la fábrica de cemento en Liesberg, en la que Hossdorf utiliza un sistema especial de tesado ubicado en la zona central de la estructura laminar ubicando los cables de forma radial en la lámina evitando así tener que incrementar la sección del borde para albergar los anclajes (>42). La cubierta es una estructura laminar de forma ondulada generada por la secuencia continua de siete láminas de cañón rebajo de 7 metros de luz con radio de curvatura exterior 5,60 metros y una longitud total cada una de 27 metros, de tal forma que la luz entre apoyos es de 20 metros existiendo en los extremos dos vuelos de 3,50 metros cada uno.

Esta estructura laminar ondulada de trabajo tipo "viga" apoya en sus extremos en una secuencia continua de arcos de sección mínima reforzados con ligeros tirantes de acero (>42). La originalidad aportada por Hossdorf en este caso es nuevamente debida a la a la clara simbiosis entre material y forma resistente, evitando la generación de gruesos bordes por a adecuada utilización del sistema y posición del pretensado. Hossdorf demuestra una vez más con su obra la veracidad de sus palabras: "... el refuerzo de borde como elemento resistente necesario, es un puro invento de la teoría clásica de las láminas en forma de bóveda, físicamente puede prescindirse de ellos por completo."

42 - FÁBRICA DE CEMENTO EN LIESBERG. SECCIÓN TRANSVERSAL



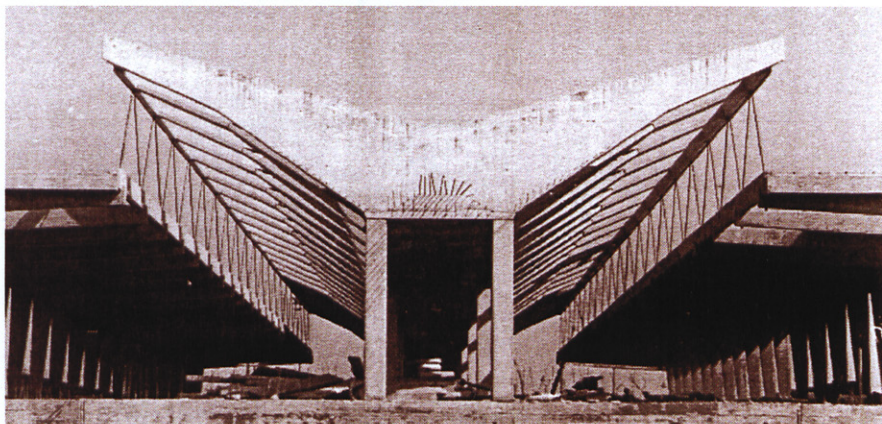
43 - FÁBRICA DE CEMENTO EN LIESBERG. IMAGEN INTERIOR DE LA SECUENCIA DE LAS LÁMINAS



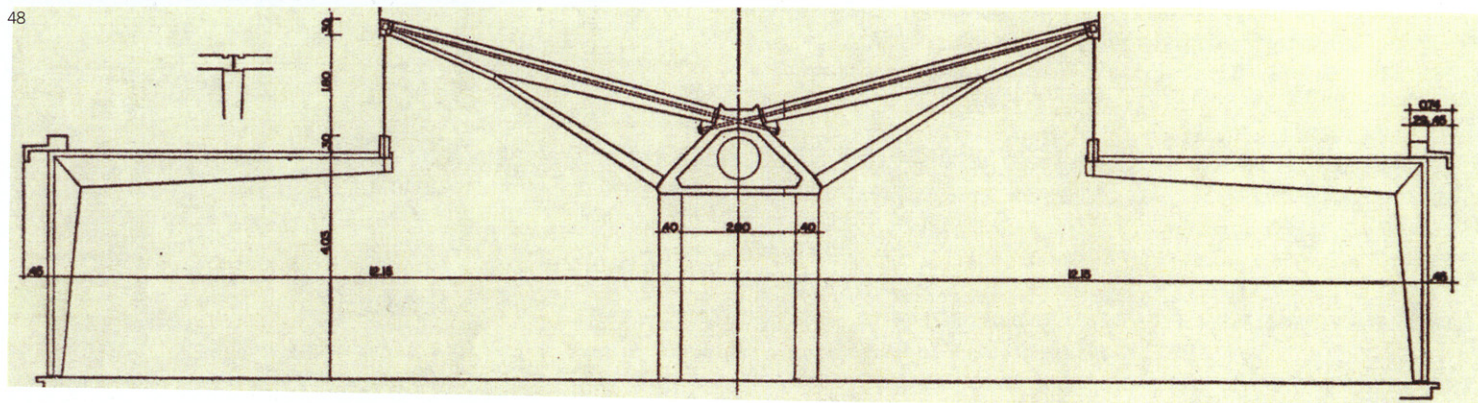
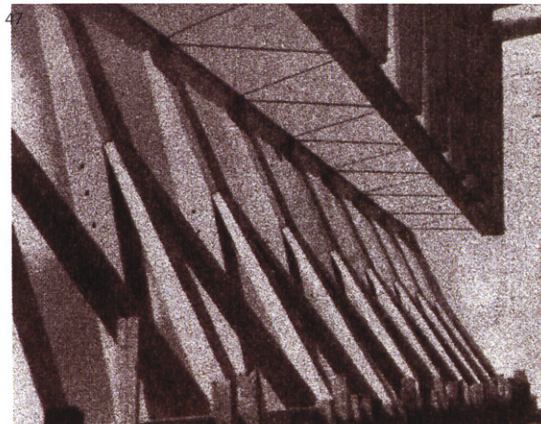
LABORATORIO PARA LA FABRICA SECHERON LIESBERG

45 Es otro de los proyectos construidos con elementos estructurales prefabricados en el que Hossdorf minimiza el número de elementos diferentes optimizando y racionalizando así la obra desde la producción en taller hasta su puesta en obra, proyectando además otra diferente y novedosa alternativa tipológica. En este caso las necesidades del espacio funcional demandaban una distribución lineal simétrica con dos amplias naves de trabajo que debían contar con amplios lucernarios en sus zonas centrales. El programa se desarrolla sobre una planta de 53,30 m x 24,30 m, con una estructura formada por una viga central longitudinal de gran canto, único elemento de hormigón armado no prefabricado en taller (>46,47,48), que a modo de espina dorsal recibe las ménsulas tridimensionales prefabricadas de hormigón armado, dispuestas cada 2,50m, que vuelan hasta el centro de cada una de las naves laterales de tra

bajo, de tal forma que en su extremo se cuelgan los lucernarios que a su vez sirven de apoyo a las ménsulas laterales recibidas sobre los pilares que definen el perímetro exterior del edificio. La estabilidad del conjunto esta garantizada por la propia forma geométrica de sus elementos y sus sistemas de unión, así las ménsulas tridimensionales que apoyan sobre la viga de gran canto central, están compuestas por dos elementos, un cordón lineal superior y una tornapunta inferior en forma de V que impide el movimiento longitudinal, los lucernarios están formados por dos cordones unidos por cables triangulados, uniéndose el inferior al extremo de la ménsula extrema. De esta forma con tan solo cuatro elementos prefabricados diferentes; ménsulas tridimensionales (sobre viga central), lucernario, ménsulas simples (sobre pilares exteriores), y pilares se construye la totalidad del edificio.(16)



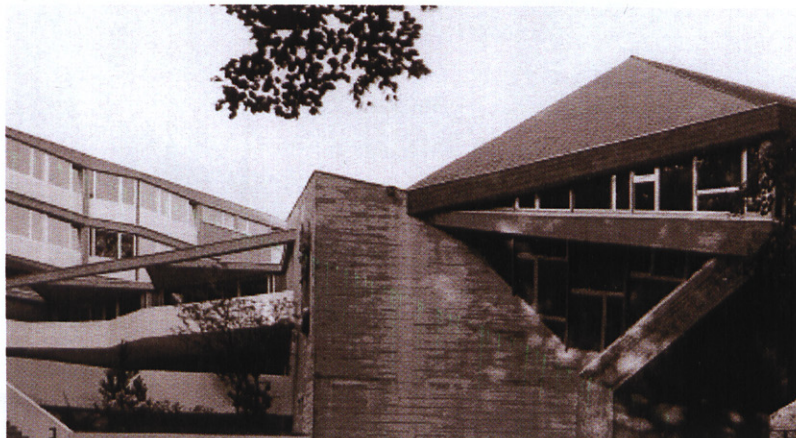
46 · IMAGEN FRONTAL DEL LABORATORIO PARA LA FÁBRICA SECHERON LIESBERG



SALON DE ACTOS ESCUELA RUDOLF STEINER 1.964-67 (>02)

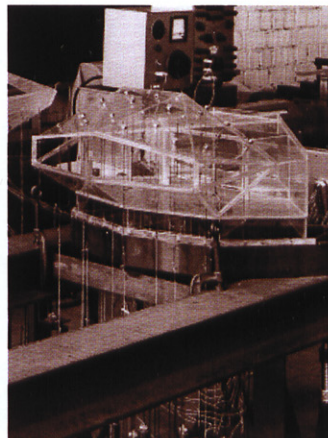
49 En el año 1.966 Hossdorf proyecta una original estructura moldeando el hormigón a modo de escultura poliédrica, como respuesta a la definición espacial del salón de actos de la Escuela "Rudolf Steiner" proyectada por el arquitecto H.F. Leu. La tribuna del salón de actos vuela sobre la planta inferior, gravitando además sobre ella el peso de la cubierta (>50,52). Hossdorf soluciona esta situación de carga mediante triangulaciones y la introducción de dos tirantes pretensados situados en las esquinas, evitando la aparición de gruesos cantos en la enorme y cargada ménsula. La

cubierta es un poliedro de caras triangulares construidas mediante placas de hormigón armado in situ de 12 cm de espesor, sus pliegues o aristas concentran las cargas en los bordes del cuerpo volado - tribuna del salón de actos - concentrándose la mayor parte de estas en sus dos esquinas. Hossdorf ancla la tribuna volada a las esquinas de la cubierta mediante dos tirantes pretensados, apoyándose en la planta baja mediante tornapuntas, una audaz combinación de tracciones y compresiones, realizando ensayo sobre modelo para su comprobación (>51).

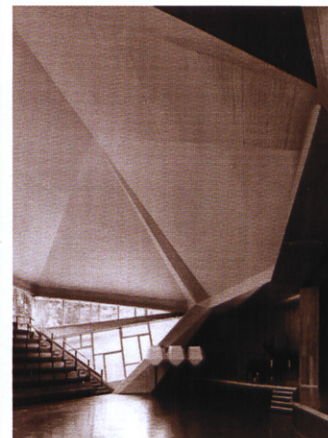


50 · SALÓN DE ACTOS ESCUELA RUDOLF STEINER. INGENIERO HEINZ HOSSDORF, ARQUITECTO HANS-FELIX LEU. 1.964-67. VISTA EXTERIOR

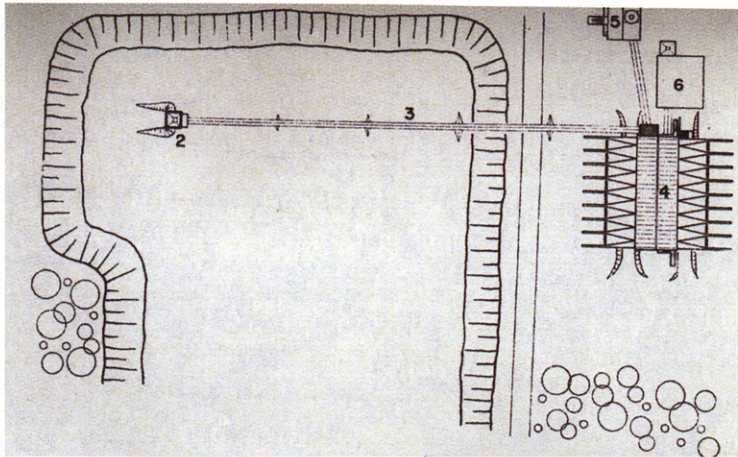
arquitectura



51 · ENSAYO SOBRE MODELO REALIZADO POR HOSSDORF PARA LA ESTRUCTURA



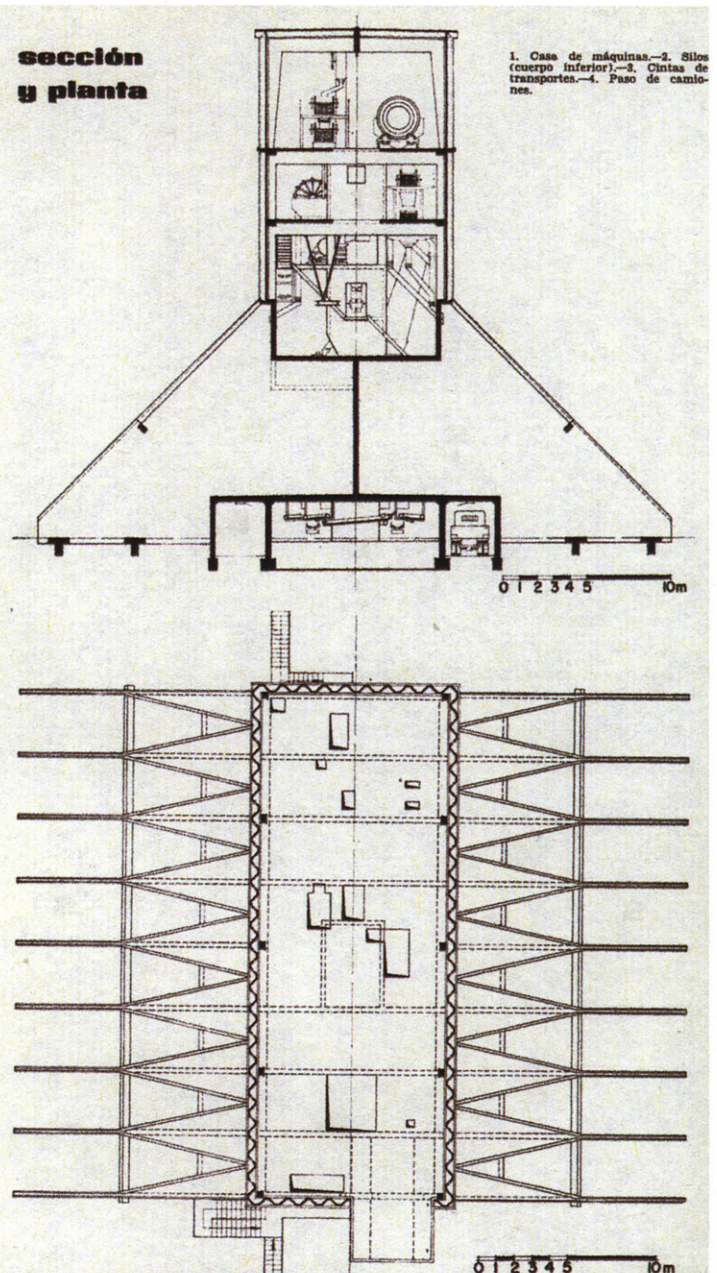
52 · INTERIOR DEL SALÓN DE ACTOS ESCUELA RUDOLF STEINER



54 - CENTRAL HORMIGONERA DE GUZGENSO PROYECTADA POR HEINZ HOSSDORF 1.960-62. PLANTA GENERAL DEL CONJUNTO

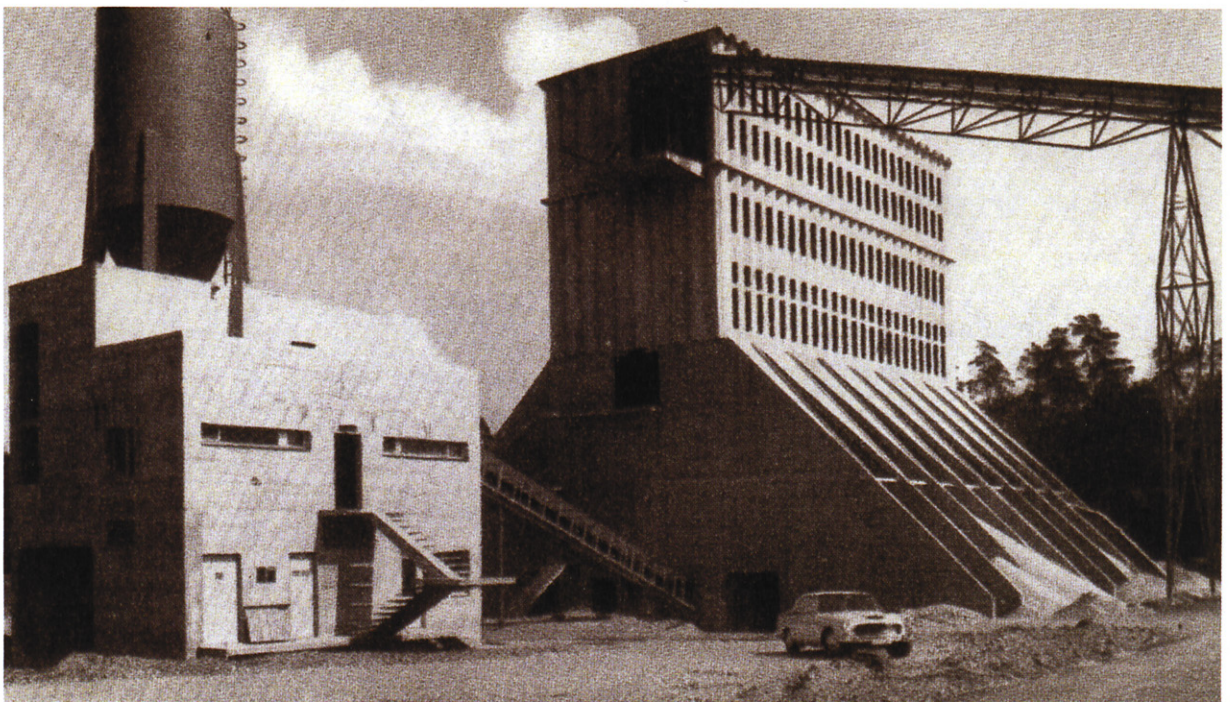
CENTRAL HORMIGONERA DE GUNZGENSO 1.960-62

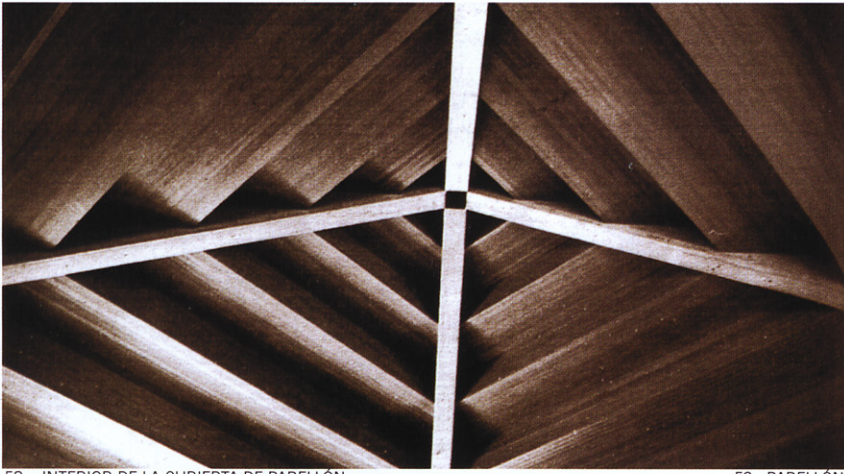
- 53 Hossdorf proyecta en Gunzgenso junto al río Aare una fábrica para la industrialización de hormigón y áridos clasificados. El conjunto esta formado por tres edificios (>54), el principal destinado a la fabricación de grava, unido directamente al río mediante un sencillo y original puente metálico de transporte formado por elementos tubulares de fácil montaje (120 m de longitud) (>69), un edificio destinado a la fabricación de hormigón y otro donde se prepara hormigón bituminoso, ambos conectados a su vez con el principal del cual reciben la grava una vez clasificada. En todos los edificios el hormigón es a la vez material estructural y de piel, resaltando el principal por su original y atractiva imagen (>56), que responde a la radical y biunívoca relación entre su función y su forma. Este edificio esta formado por la macla de dos cuerpos (>55); el inferior a modo de basamento de sección piramidal truncada en el que se ubican los silos donde se almacenan los áridos clasificados, que se desarrolla sobre una planta de 37,40 x 28,20 metros, alcanzando una altura de 13,20 m en la cual el ancho se reduce de 37,40 m a 10,20 m, generándose así una fuerte pendiente en sus bordes que coincide con la pendiente del talud natural que forman los áridos almacenados. El cuerpo superior es un prisma rectangular (10,20x28,20 m), que se macla sobre el basamento contando con una altura de 15,80 metros distribuidos en tres forjados. La estructura del basamento esta formada por una sucesión de muros de hormigón armado transversales arriostrados por un muro intermedio longitudinal, de tal forma que en los espacios intermedios se ubican los silos de cubierta inclinada formada por piezas triangulares prefabricadas que dejan espacio abierto para poder proceder a la carga del árido. El cuerpo superior esta formado por pórticos prefabricados de hormigón armado con un cerramiento autoportante compuesto por piezas prefabricadas plegadas de hormigón armado de tan solo 6 cm de espesor, cuya forma no solo aporta mayor rigidez sino que facilita su apilamiento durante el proceso de producción y montaje.



55 - CENTRAL HORMIGONERA DE GUZGENSO. PLANTA Y SECCIÓN DEL EDIFICIO DE ALMACENAMIENTO DE ÁRIDOS

56 - CENTRAL HORMIGONERA DE GUZGENSO. IMAGEN DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE ALMACENAMIENTO DE ÁRIDOS





58 · INTERIOR DE LA CUBIERTA DE PABELLÓN

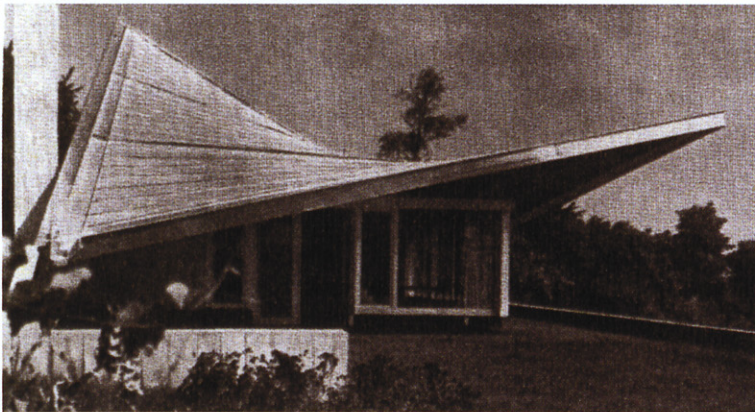


59 · PABELLÓN DE MADERA. COLOCACIÓN DE CABLES DE POSTENSADO PROYECTADOS POR HOSSDORF

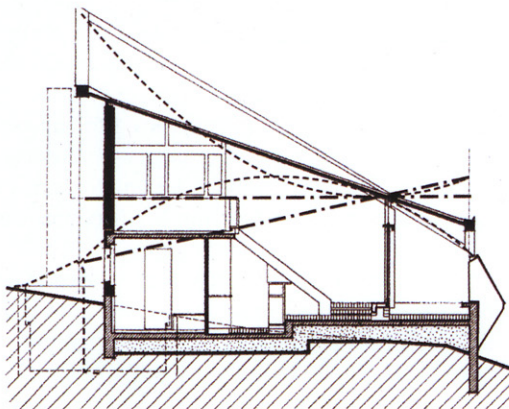
14 PABELLÓN PLEGADO DE MADERA

Una de las técnicas estructurales que más ha utilizado Hossdorf es posiblemente el pretensado y postensado de formas para optimizar su comportamiento mecánico y así el aprovechamiento del material, ya fuera piedra, plástico, hormigón, acero o madera. Un ejemplo de madera postensada, es la cubierta que realizó Hossdorf en un pequeño pabellón en Basilea. La forma geométrica responde a la tradicional artesanía de madera en la cual Hossdorf sustituye el conjunto de elementos ensamblados que garantizan el reparto espacial de esfuerzos, por un sencillo armazón de tablas unidas a los pares a modo de escalera triangular - superficie plegada - cuyo arriostramiento perimetral realiza

Hossdorf con la simple colocación en el extradós de cables de escasos milímetros de sección que se postensan, 3 en cada faldón a 0.60, 1.20 y 1.80 m del apoyo, desapareciendo la necesidad de zunchos, cuadrales y aguilonos. De esta forma los empujes de los pares son contrarrestados por el postensado de tan solo 12 cables, eliminándose así la necesidad de utilizar durmientes de 13 metros de luz, cuyo canto de madera tradicional hubiera impedido la captación de luz natural en todo el perímetro de la cubierta. Esta solución estructural de Hossdorf plegando la madera, se funde con la piel interior de la artesanía incrementando la racionalidad de su belleza (>58).



61-62 · VIVIENDA UNIFAMILIAR CON CUBIERTA LAMINAR DE MADERA. INGENIERO HEINZ HOSSDORF, ARQUITECTOS SCHWARTZ Y GUTMAN. VISTAS EXTERIORES



63 · VIVIENDA UNIFAMILIAR. SECCIÓN



64 · VIVIENDA UNIFAMILIAR. COLOCACIÓN DE TABLAS CURVAS

15 PARABOLOIDE DE MADERA CON TABLAS CURVADAS

Hossdorf proyectó la cubierta de una vivienda unifamiliar diseñada por los arquitectos Schwartz y Guttman (>61,62,63)) utilizando para ello la forma de un paraboloide hiperbólico sobre una planta de 14 x 20 metros. Dado que ni tamaño, ni forma, ni sistema constructivo respondían en su conjunto a realizaciones ya ejecutadas, Hossdorf recurrió - como siempre que lo necesitaba - al ensayo sobre modelo para conocer el comportamiento mecánico de la estructura laminar proyectada con esbeltas tablas flexibles de madera.

La funcionalidad inspiró la forma, y el material elegido fue moldeado para seguir fielmente la geometría hiperbólica resistente. Pero Hossdorf no resuelve estructuras de manera magistral para que luego sea necesario que otros las completen para que cumplan también con sus requerimientos funcionales. Por ello en este caso, construye la estructura laminar con dos familias de tablas curvas cruzadas clavadas entre sí y cubiertas por capa flexible de aislamiento e impermeabilización y capa final de tablas (>63), recogiendo en canalón oculto de madera las aguas pluviales.

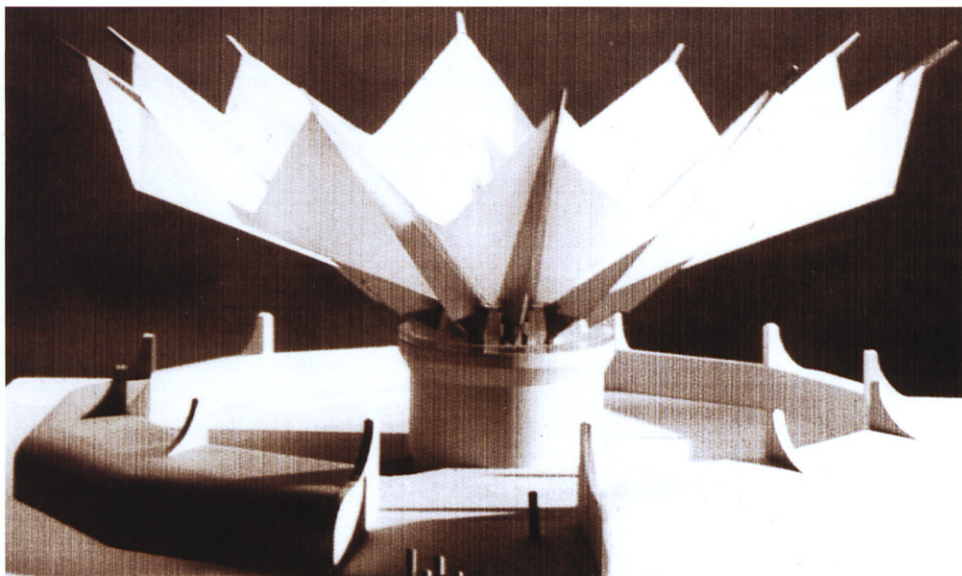
64 IDEAS Y SUEÑOS NO CONSTRUIDOS

Además de los intercambios técnico-científicos que Hossdorf realizó con España a través del Instituto Eduardo Torroja, también desarrolló en España algunos de sus más "ingeniosos pensamientos" que a modo de sueño imposible rozaron sin duda "la ciencia-ficción" practicada por Julio Verne. Este es el caso del reto que se impuso en el año 1.967 para idear un "artefacto" capaz de unir el continente europeo con África salvando las turbulentas aguas que fluyen en el estrecho de Gibraltar, situación que incluso hoy en día, y pese a los medios técnicos existentes, es prácticamente imposible de conseguir por las desfavorables condiciones naturales del lugar. En efecto, difícilmente se puede pensar en construir un puente de 12 kilómetros de longitud con sus pilas cimentadas a un kilómetro de profundidad, en un terreno reológicamente sísmico y envuelto en fuertes y alternas corrientes de aguas producidas por el intercambio de masas entre el mar Mediterráneo y el océano Atlántico. Hossdorf, después de estudiar detenidamente todos los factores condicionantes, proyectó una genial idea; construir una isla artificial -Balcón de Europa- a la que se accedería por un puente y desde ella a través de unos ingeniosos túneles flotantes hasta el otro extremo del recorrido. También pensó en aprovechar la fuerza de las corrientes de agua para generar la electricidad suficiente para abastecer la totalidad del conjunto. Este proyecto -casi un reto imposible de desarrollar- atrajo en el año 1.963 a otros entusiastas soñadores: el arquitecto Fernando Cassinello y el promotor e ingeniero Hans Wittfoht, quienes formaron con Hossdorf un consorcio de intelectuales idealistas para desarrollar este "sueño imposible" y todos aquellos que a partir de entonces pudieran surgir como producto de sus inquietudes. En el año 1.975, tras la muerte de Fernando Cassinello, se abandonó el proyecto.

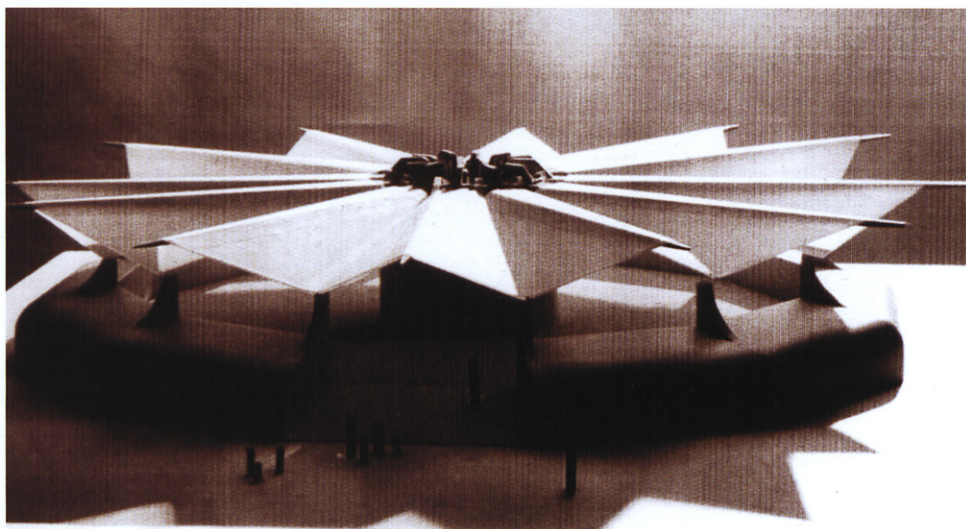
Una de las últimas innovaciones proyectadas por Hossdorf, lamentablemente no construida, es la "arquitectura cinemática" del Pabellón suizo previsto para la Exposición Universal de Sevilla en 1.992. El pabellón ideado por Hossdorf era capaz de cambiar de forma adaptándose en cada momento a las diferentes condiciones climatológicas del ambiente exterior (>67,68). Contando con la aportación de la más sofisticada tecnología punta suiza, el proyecto estaba basado en una estructura móvil que cambiaba de forma en función de la posición del Sol, generando un espacio habitable al abrigo de la radiación solar directa. Sobre un elemento central fijo de planta circular con patio interior abierto se levantaba una estructura hueca de hormigón armado. Esta estructura albergaba la sala de control y programación y servía de apoyo a la estructura móvil formada por una especie de paraguas de aluminio, cuyas varillas y plemento eran capaces de girar en planos ortogonales y oblicuos al eje de la estructura de apoyo, así como de desplazarse simultáneamente hacia arriba o hacia abajo. Una estructura controlada por ordenador y programada tanto para arrojar sombra en la posición adecuada como para impulsar los sistemas de refrigeración en función de la cantidad de calor desprendido por las radiaciones solares. En caso de lluvia se desplegaba sirviendo de cobijo a los visitantes, convirtiéndose por la noche en todo un espectáculo de luces y formas cambiantes. Un espacio arquitectónico capaz de adaptarse a la multifuncionalidad del edificio mediante un sistema de automatización con modernas tecnologías, y que sin embargo permitía un importante ahorro energético no sólo por la prevista captación de energía solar mediante paneles sino también por la propia "forma arquitectónica" concebida, en la que Hossdorf incluye un patio "andaluz" que permite la renovación y circulación continua de aire, sabía tipología popular que también José Luis Sert importó hasta las más cálidas regiones americanas.

65 Realmente Heinz Hossdorf convirtió su trabajo en una aventura, en una apasionante actividad casi alquimista que cubrió de innovación toda su obra contribuyendo sin duda al entronque de la Arquitectura y la Ingeniería Civil con la ciencia. Sin duda, si estuviera todavía en activo su laboratorio de ensayos, el nombre de Heinz Hossdorf estaría unido a ese nuevo reto planteado ya para el siglo XXI -la colonización del espacio- generando nuevos materiales y formas arquitectónicas que en órbita, o implantadas en la Luna o en cualquier planeta, seguirían afianzando el entronque de la construcción con la ciencia a medida que el hombre amplía sus conocimientos científicos en todos los campos.

La especial atracción que siento por la armonía creada por Hossdorf entre el mundo de las ideas y la realidad me ha llevado a interesarme desde hace ya muchos años por sus pensamientos y su obra, aunque pese a mi interés y afán por acercarme a ellos soy consciente de la imposibilidad de transmitir con mis palabras la realidad de sus razones, de su especial proceso de pensamiento ante el problema resistente cargado siempre -en sus manos- de innovadora y racional belleza. Nadie mejor que el propio Heinz Hossdorf para transmitirnos su proceder, sus preocupaciones y pensamientos ante la específica problemática resuelta en cada una de sus proyectos y obras, que sin buscar la innovación y el "invento" desembocaron siempre en ellos. Por ello, el libro "*Heinz Hossdorf -Das Erlebnis Ingenieur zu sein*" que Hossdorf está terminando de escribir sobre sus actividades científicas y sus obras de ingeniería y arquitectura se convertirá sin duda en uno de los más importantes legados de la ingeniería civil y arquitectónica del siglo XX, y junto a los escritos de Eduardo Torroja, Maillart, Nervi, Frei Otto... será referencia obligada para el conocimiento de la historia de un siglo nacido bajo el signo de la ciencia.



67 - MAQUETA DEL ANTEPROYECTO REALIZADO POR HEINZ HOSSDORF PARA EL PABELLÓN SUIZO DE LA EXPO-SEVILLA 1.992. ARQUITECTURA CINEMÁTICA. POSICIÓN DE LA CUBIERTA EXTENDIDA.



68 - MAQUETA DEL ANTEPROYECTO REALIZADO POR HEINZ HOSSDORF PARA EL PABELLÓN SUIZO DE LA EXPO-SEVILLA 1.992. ARQUITECTURA CINEMÁTICA. POSICIÓN DE LA CUBIERTA CERRÁNDOSE.

NOT BUILT IDEAS AND DREAMS

Besides the technical and scientific exchanges that Hossdorf made in Spain through the Instituto Torroja, there he also developed some of his most "ingenious thoughts" which like an impossible dream almost touched, without doubt, the "science fiction" practiced by Julius Verne. In the case of the challenge to think of an "artefact" capable of connecting Europe with Africa saving the turbulent waters that flow through the Straits of Gibraltar, situation that even nowadays and despite the existent technical means, is practically impossible to achieve because of the adverse natural conditions of the place. Obviously, it is difficult to think about building a bridge 12 km long with piles consolidated 1 km deep, in a terrain which is geologically seismic and with strong and alternating currents of waters produced by the exchange of masses between the Mediterranean Sea and the Atlantic Ocean. Hossdorf, after studying at length all the determining factors, had a brilliant idea: to build an artificial island -Balcón de Europa- the access to which would be a bridge and from it, through some ingenious floating tunnels, to the other end of the route. He also thought about exploiting the strength of the water currents to generate enough electricity to supply the whole complex. In 1963 this project -almost a challenge impossible to develop- attracted other enthusiasts dreamers like Hossdorf: the architect Fernando Cassinello and the promoter and engineer Hans Wittfoht, who along with Hossdorf formed a consortium of intellectual idealists to develop this "impossible dream" and all those that from then on emerged as results of their concerns. In 1975, after the death of Cassinello, the project was abandoned.

One of the last innovations projected by Hossdorf, sadly not built, is the "cinematic architecture" of the Swiss Pavilion planned for the World Exhibition in Seville in 1992. The pavilion designed by Hossdorf was capable of changing form adapting in each moment to the different climatic conditions in the exterior environment (Fig. n°36). Counting with the contribution of the most sophisticated forefront Swiss technology, the project was based on a mobile structure that changed form in relation to the position of the sun, generating a habitable space sheltered from direct solar radiation. A hollow structure of reinforced concrete which housed the control and programming room, rested on a central fixed element of circular plant with an open inner courtyard and was the support of the mobile structure formed by a kind of aluminium umbrella, whose ribs and implements were capable of gyrating in orthogonal and oblique planes to the axis of the supporting structure as well as moving simultaneously up and down. A structure programmed and controlled by computer not only to give shade in the right position, but also to propel the refrigeration systems in relation of the amount of heat given off by solar radiation, and in case of rain it unfolded serving as shelter for the visitors, becoming a show of lights and changing forms at night time. An architectonic space capable of adapting to the multiple functionality of the building through a system of automation with modern technology and, also allowing an important saving of energy not only by the foreseen use of solar energy with panels, but also by the conceived "architectonic form", where Hossdorf includes an Andalusian patio which permits a continuous renovation and circulation of air, wise popular typology that also José Luis Sert imported to the warm American regions.

Heinz Hossdorf really made his work into an adventure, in a fascinating activity almost like alchemy which contributed innovation to his whole work, without doubt contributing to the connection of Architecture and Civil Engineering with science. Undoubtedly, if he were still active in his laboratory, the name of Heinz Hossdorf would be linked with that new challenge of the twenty first century -the colonization of Space- generating new materials and architectonic forms that in orbit or implanted on the moon or another planet, would still be connecting construction with science while man increases his scientific knowledge in all fields.

The special attraction that I feel for the harmony created by Hossdorf between the world of ideas and reality have made me take an interest in his thoughts and works long ago, but despite my interest and desire to come closer to them, I am conscious of the impossibility of transmitting the reality of his reasons with my words, of his special process of thinking before a persistent problem always full -in his hands- of innovation and rational beauty. No one better than Hossdorf himself to tell us about his behaviour, concerns and thoughts facing the solving of a specific problem in every one of his projects and works, which without looking for innovation and "invention" always arrived at them. Because of this, the book - "Heinz Hossdorf Das Erlebnis Ingenieur zu sien" - that Hossdorf is finishing writing about his scientific activities and his engineering and architecture works, will become one of the most important legacies of civil engineering and architecture of the twentieth century, and with the writings of Eduardo Torroja, Maillart, Nervi, Frei Otto... will be required reading for the knowledge of the history of a century born under the sign of science.

N1 A finales del siglo XIX y principios del XX también se produjo una importante revolución científica en la física. El descubrimiento de los electrones y la radioactividad, la teoría electromagnética de campos, los cuantos y la teoría de la relatividad destruyeron la física clásica newtoniana dando paso a la física moderna del siglo XX. Este relevante cambio, unido a los enormes cambios de otras disciplinas como matemáticas, química, ciencias naturales..., marcaron para siempre la necesaria unión entre la ciencia y la producción. Son muchos los estudios y análisis específicos de la repercusión en cada campo y disciplina. En la Historia de la Arquitectura y de la Ingeniería Civil abrió claramente un nuevo camino para nuevos materiales, nuevos sistemas constructivos y estructurales, nuevos métodos de cálculo... Pichet en 1.845 recoge en su publicación "A New System of Architecture" las razones que están ya preparando el camino para una nueva arquitectura unida al desarrollo científico y nuevos materiales. Ferguson en 1.862 en su "History of Architecture". Cesar Daly en 1.864 en su artículo "The Builder"... la posterior historia del Instituto Eduardo Torroja (fundado en 1.934) y la del Laboratorio Central, ambos dirigidos por Torroja, son una referencia obligada a través de todas y cada una de sus múltiples publicaciones.

N2 Le Corbusier. "Où est l'architecture ?". L'Architecture Vivante, París 1.927, pp 7-11: "... en este momento preciso de hoy (1.927) es necesario realizar una adaptación a las nuevas condiciones de un mundo fundamentalmente trastornado, inmensa y totalmente revolucionado por el maquinismo, cuando la Arquitectura tras haber agonizado en las cornisas, los frontones, las cúpulas de cuatro siglos de eclecticismo, se ensimisma en la búsqueda de medios auténticos, medios técnicos (nuevos materiales y cálculos), medios espirituales (revolución social y económica, organización de la producción, organización de la sociedad, de la familia...) Henos aquí por ello hablando de racionalización, taylorización (...) Nada es posible sin análisis e investigación."

N3 En el año 1.954 se convocó en Suiza un concurso para la realización de un nuevo puente, próximo al histórico de San Gothardo. El joven Heinz Hossdorf, con tan sólo 26 años y prácticamente sin experiencia profesional, no se presentó al concurso, pero dado que se trataba de un tema de actualidad e indudable importancia, Hossdorf al conocer los proyectos presentados remitió su idea a una revista técnica que no dudó en publicarla. Inesperadamente recibía, al poco tiempo, una carta de Eduardo Torroja que admirado por su propuesta le felicitaba y cambiaba impresiones sobre ella. Hossdorf contestó a la carta presentándose en Madrid. No era para menos, porque Eduardo Torroja, que ya era mundialmente admirado por sus aportaciones técnicas y científicas, se había interesado por su idea, su novedosa idea de realizar un puente pretendiendo dovelas de piedra. Desde aquel día Hossdorf no dejó nunca Madrid. Volvió a Basilea, trabajó construyendo novedosas obras, montó su propio laboratorio, pero siempre estuvo en estrecho contacto con el Instituto Eduardo Torroja, fundamentalmente a través de Fernando Cassinello con quien llegó a tener una entrañable amistad. Desde hace ya muchos años Heinz Hossdorf -Enrique- vive en Madrid, ciudad que conoció atraído por la llegada de... una carta desde España. La obra de Heinz Hossdorf, así como sus aportaciones técnicas y científicas, se dieron a conocer en España -tal y como iban apareciendo- a través de la revista Informes de la Construcción del Instituto Eduardo Torroja.

N4 "Eduardo Torroja (1.899-1.961): La vigencia de un Legado"- Paraninfo de la Universidad Politécnica de Valencia, 19 y 20 octubre 2.000. Dirección Académica: Carmen Jordá; Coordinación: José Parra y Juan María Songel; Organización: Vicerrectorado de Cultura. Ponentes: José Antonio Torroja, Juan Rovira, Boro Borchá, Vicente Vidal, Pedro Miguel Sosa, José Ramón Navarro Vera, José Soler Sanz, Rafael López Palanco, Bernardo Perepérez, Pepa Cassinello, José Calavera (Próxima publicación de la universidad Politécnica de Valencia).

N5 Pepa Cassinello: "Razón Científica de la Modernidad Española en la década de los 50". Actas del Congreso Internacional -Los años 50: La Arquitectura Española y su compromiso con la Historia- Pamplona 16 y 17 de marzo 2.000. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra. T6 Ediciones S.L. Era un momento de cambio, de revolución técnico-científica en muchos aspectos diferentes; hacía pocos años que se habían publicado las experiencias de Adams, de Bolomei, de Cross, se empezaba a dominar el cálculo estructural, al poco tiempo Flugue desarrollaría nuevos métodos para el cálculo de estructuras laminares, sin que estos fueran capaces de alcanzar todas las variedades de formas capaces de imaginar... ya antes Freysinet había publicado su famoso folleto "Una Revolución en Hormigón", se crean revistas técnicas de difusión para informar de los importantes cambios, aparecen continuamente nuevos materiales fabricados en tubos de ensayo... no hay reglamentaciones claras ni de producción, ni proyecto, ni de puesta en obra, porque los materiales están cambiando, y está cambiando su conocimiento a través de continuas y nuevas investigaciones. Torroja inicia un nuevo camino del ensayo sobre modelo, se crean asociaciones técnicas específicas en todos los países para ordenar, estudiar, reglamentar y difundir los nuevos conocimientos, pero es un labor lento porque necesita el apoyo de la investigación: Por ello no es de extrañar que hasta el año 1.951 no se creara la Federación Internacional de Pretensado FIP, o que hasta 1.959 no se creara la Asociación Internacional de Estructuras Laminadas, fundada por Eduardo Torroja IASS. El mundo técnico necesitó tiempo, porque para trazar su camino de desarrollo necesitaba apoyarse en la investigación y experiencia poco a poco acumuladas, en las cuales el ensayo sobre modelo tuvo una enorme y vital relevancia.

N6 Heinz Hossdorf publica en el año 1.972 el libro titulado "Modellstatik", editado por la editorial Bauverlag GmbH Wiesbaden, Berlin. En el mismo año, por iniciativa de Fernando Cassinello Pérez, el Instituto Eduardo Torroja lo publica en español bajo el título "Modelos Reducidos", traducido por Carlos Benito Hernández.

N7 Esta técnica desarrollada por Hossdorf se utilizó para proyectar y comprobar el funcionamiento estructural de numerosos puentes, entre ellos el puente construido sobre la M-30 de Madrid realizado por José Antonio Torroja.

N8 En el año 1.970 los ensayos híbridos de Hossdorf ya habían obtenido el reconocimiento mundial merecido y fue invitado, como tantas otras veces, al Instituto Eduardo Torroja -representante y fundador de la Asociación Internacional de Estructuras Laminadas IASS- a exponer y divulgar su novedosa aportación en este campo de análisis experimental. El 27 de abril de 1.970 Heinz Hossdorf pronunció una conferencia en el Instituto Eduardo Torroja bajo el título: "Nuevas Formas de Cálculo. Ensayos sobre modelos y ordenadores electrónicos".

N9 Aunque Hossdorf construye con todo tipo de materiales, la mayor parte de su obra está ejecutada con hormigón armado o pretensado, material que protagonizó en gran medida los dos primeros tercios del siglo XX, período en el cual se produjeron paralelamente su desarrollo técnico y científico y la aparición de las más importantes y representativas obras de Arquitectura del momento. Desde que en el año 1.900 Hennebique construyera el primer edificio totalmente ejecutado en hormigón armado, y en 1.903 Perret realizara el famoso edificio de la calle Franklin de París, se produjeron de forma vertiginosa y paralela continuas aportaciones técnicas y científicas que iban impulsando el uso de este nuevo material, historia en la que Hossdorf se involucró de forma relevante tanto con su obra construida como con sus aportaciones técnicas y científicas.

N10 F. Cassinello: "Construcción. Hormigonería". Editorial Rueda S.L. Madrid 1.974, y 2ª edición -Instituto Juan De Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura 1.996 Editorial Rueda S.L.

En este libro se recogen diferentes aspectos de algunas de las obras de Hossdorf; tipo estructural, sistema de hormigonado, encofrados... En este caso Hossdorf utiliza el trabajo de la lámina cilíndrica tipo viga, al situar sus apoyos transversales (arco de sección mínima y ligero tirante) en lugar de a lo largo de las generatrices de arranque, que funcionalmente hubieran perjudicado al espacio. De esta forma no sólo es posible la diafanidad sino que el funcionamiento estructural -resistencia y rigidez- de la lámina cilíndrica se mejora, optimizándose con la inclusión del pretensado. A este ventajoso tipo de láminas cilíndricas -tipo viga- corresponde el famoso Frontón Recoletos realizado por Eduardo Torroja en 1.935.

N11 El innovador Pabellón de Intercambio Comercial proyectado y construido por Heinz Hossdorf, utilizando por primera vez un material estructural como el políéster reforzado con fibra de vidrio para la Exposición Nacional Suiza de 1.964 en Lausana, fue publicado en el mismo año en el nº 12 del Bulletin of the International Association for Shell Structures IASS, así como en el nº 163 de la revista Informes de la Construcción del Instituto Eduardo Torroja. Posteriormente fue publicado en:

- 1.996 Revista ARQUITECTURA del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. Artículo: "Heinz Hossdorf" (pp 108-113). Pepa Cassinello Plaza.

- 1.997 Revista RC-Resúmenes de Construcción-. Editor Oscar Rueda Arch. Artículo: "Arquitectura e Ingeniería en la obra de Heinz Hossdorf" (pp 40-47). Pepa Cassinello Plaza.

N12 Rühle: "Raumliche Dachtragwerke Konstruktion und ausführung" VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1.969.

N13 F. Cassinello: "Construcción. Carpintería". Editorial Rueda, Madrid 1.973.

N14 Revista Informes de la Construcción. Instituto Eduardo Torroja. Nº 79 marzo 1.956.

N15 Revista Informes de la Construcción. Instituto Eduardo Torroja. Nº 183 septiembre 1.966.

N16 Revista Informes de la Construcción. Instituto Eduardo Torroja. Nº 183 septiembre 1.966.

N17 F. Cassinello: "Salón de Actos de la Escuela Rudolf Steiner de Basilea". Informes de la Construcción. Nº 182 julio 1.966. Instituto Eduardo Torroja.

N18.- Revista Informes de la Construcción. Instituto Eduardo Torroja. Nº 155 noviembre 1.963.

N19 F. Cassinello: "Construcción. Carpintería". Editorial Rueda, Madrid 1.973.

N20 F. Cassinello: "Construcción. Carpintería". Editorial Rueda, Madrid 1.973.

COMMENTS AND BIBLIOGRAPHIC NOTES

- 1.- At the end of the nineteenth century and the beginning of the twentieth a very important scientific revolution in physics took place. The discovery of electrons and radioactivity, electromagnetic theory of fields, quantum and the theory of relativity destroyed the classical physics of Newton making room for the modern physics of the twentieth century. This relevant change along with the huge changes in other disciplines like; mathematics, chemistry, natural science..., marked for ever the necessary union between science and production. There are many studies and specific analyses about the repercussion in every field and discipline. In the history of Architecture and Civil Engineering Hossdorf clearly opened a new way for new materials, new constructive and structural systems, new methods of calculation... Pichet in 1845 depicts in his publication "A New System of Architecture" the reasons that are already preparing the way for a new architecture combined with scientific development and new materials. Ferguson in 1862 in his "History of Architecture", Cesar Daly in 1864 in his article "The Builder",... the subsequent history of the Instituto Eduardo Torroja (founded in 1934) and Laboratorio Central both directed by Torroja, these are required reading through every one of its multiple publications.
- 2.- Le Corbusier. "Où est l'architecture? "L'Architecture Vivante", Paris 1927, pp 7-11: "...right this very moment (1927) it is necessary to make an adaptation to the new conditions of a basically disturbed world, immensely and totally revolutionised by mechanization, when Architecture after agonising about cornices, frontons and domes for four centuries of eclecticism, is absorbed in the search for authentic means, technical means (new materials and calculation), spiritual means (social and economic revolution, organization of production, organization of society, family...) We are here talking about rationalisation (...) Nothing is possible without analysis and research.
- 3.- A contest for building a bridge, near the historical Saint Gothard bridge, was announced in Switzerland In 1954. Young Hossdorf, only 26 years old and almost without professional experience, did not enter the competition, but because it was a current and without doubt important issue. But after learning about the designed submitted, Hossdorf sent his idea to a technical magazine that did not hesitate to publish it. Not long after this he received an unexpected letter from Eduardo Torroja, who astonished by his proposal, congratulated him and exchange impressions about it. Hossdorf answered Torroja's letter by turning up in Madrid. It was surprising, because back then Eduardo Torroja was already admired internationally for his technical and scientific contributions. Torroja was interested in the idea, his novel idea of building a bridge by pre-tensing stone voussoir. From that day Hossdorf never left Madrid. He went back to Basle, worked building novel works, set up his own laboratory, but he was always in close contact with the Instituto Eduardo Torroja, basically through Fernando Cassinello, with whom he developed a very close friendship. For many years Heinz Hossdorf -Enrique- has been living in Madrid, a city to which he came attracted by a letter sent from Spain. His work as well as his technical and scientific contributions were published in Spain -as they were being made- through a magazine of the Instituto Eduardo Torroja: Informes de la Construcción.
- 4.- "Eduardo Torroja (1899-1961): The validity of a Legacy" -Paraninfo de la Universidad Politécnica de Valencia-, 19th - 20th October 2.000. Academic Direction: Carmen Jordá, Coordination: José Parra and Juan María Songel. Organization: Vicerectorado de Cultura. Speakers: José Antonio Torroja, Juan Rovira, Boro Borchá, Vicente Vidal, Pedro Miguel Sosa, José Ramón Navarro Vera, José Soler Sanz, Rafael Lopez Palanco, Bernardo Perepérez, Pepa Cassinello, José Calavera. (To be published by Universidad Politécnica de Valencia)
- 5.- Pepa Cassinello. "Scientific Reason of the Spanish Modernity in the fifties". Minutes of the International Congress: The fifties: Spanish Architecture and its compromise with History (Pamplona 16th - 17th March 2000. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Navarra. T6 Ediciones S.L.
- It was a moment of change, of technical and scientific revolution in many different aspects. Only a few years earlier the experiences of Adams, Bolomei and Cross had been published, structural calculation was progressing. A little later Flugge developed new methods for calculating laminar structures, although these were not capable of including all the varieties of forms that it is possible to imagine. Earlier Freysinet had published his famous leaflet "A Revolution in Concrete", technical magazines to inform technicians about important changes were created, new materials fabricated in test tubes were appearing continuously, there was no regulation of production, project or starting work because materials were changing rapidly, and knowledge was changing through constant and new research. Torroja created a new method in practising on models, technical associations were created in every country to organize, study, regulate and disseminating new knowledge. But it is a slow labour because it needs to be based on research, so it is not surprising that the International Federation of Pre-tensing was not created until 1951, or that the IASS, founded by Torroja, was not set up until 1959, because to develop its methods it needed to be based on research and experiences gained slowly, in which practising on models had an enormous and vital relevance.
- 6.- Heinz Hossdorf published "Modellstatik", printed by Editorial Bauverlag GmbH Wiesbaden Berlin, in 1972. The same year, on the initiative of Fernando Cassinello Perez, el Instituto Eduardo Torroja published it in Spanish under the title "Modelos Reducidos", translated by Carlos Benito Hernandez.
- 7.- This technique developed by Hossdorf was used to project and check the structural functioning of numerous bridges, among them the bridge built over the M-30 in Madrid designed by José Antonio Torroja.
- 8.- Hossdorf's hybrid essays had already obtained the deserved international recognition in 1970, and he was invited, as on many other occasions, to the Instituto Eduardo Torroja -representative and founder of the International Association of Laminar Structures (IASS)- to put forward and circulate his novel contribution in this field of experimental analysis. On the 27th April 1970 Heinz Hossdorf gave a conference in the Instituto Eduardo Torroja under the title: "News Forms of Calculation. Practice on models and electronic computers.
- 9.- Although Hossdorf builds with all types of materials, most of his work is constructed with reinforced or pre-tensed concrete, material which lead to great extent the first two thirds of the twentieth century, period in which its technical and scientific development happened at the same time as the building of representative architectonic works of the time. From 1900, when Hennebique built the first building totally made of reinforced concrete, and 1903 when Perret made his famous building in Franklin Street in Paris, a terrific number of technical and scientific contributions came out, which spread the use of this new material. Hossdorf was involved in this story in a relevant way with his constructed works as well as his technical and scientific contributions.
- 10.- F.Cassinello. Book: "Construcción Hormigonera". Editorial Rueda S.L Madrid 1974, and 2nd edition -Instituto Juan De Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 1996 Editorial Rueda S.L.
- In this book different aspects of some of Hossdorf works are included; structural type, system of reinforcing, shuttering... In this case, Hossdorf uses the work of the cylindrical sheet beam type when he puts its transversal supports (arch of minimum section and light tight) instead of longitudinal generating starts, which would have functionally affected the functional space. In this way it is not only clarity possible but the structural functioning -resistance and rigidity- of the cylindrical sheet is improved, improving with the inclusion of pre-tensing. To this advantageous type of cylindrical sheets -beam type- belongs the famous Frontón Recoletos made by Eduardo Torroja in 1935.
- 11.- The innovative Pavilion of Commercial Exchange designed and built by Heinz Hossdorf, using a structural material like polyester reinforced with fibreglass for the first time for the National Exhibition Hall in Switzerland in 1964 en Lausanne, was published the same year in nº 12 of the Bulletin of the international Association for Shell Structures IASS, and also in nº 163 of the magazine Informes de la Construcción de Instituto Eduardo Torroja .
- Later it was published in:
 - 1996 Revista ARQUITECTURA del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid
 - Article : "Heinz Hossdorf" (pages 108-113). Pepa Cassinello Plaza
 - 1997 Revista RC -Resúmenes de Construcción-. Managing Editor: Oscar Rueda Arch.
 - Article: "Arquitectura e Ingeniería en la obra de Heinz Hossdorf" (pages 40-47). Pepa Cassinello Plaza
- 12.- Ruhle. Book: "Raumliche Dachtragwerke Konstruktion und ausführung" VEB Verlag fur Banwesen Berlin 1969.
- 13, 19 y 20.- F. Cassinello .Book: " Construcción Carpintería" Editorial Rueda. Madrid 1973
- 14.- Magazine Informes de la Construcción.Instituto Eduardo Torroja. Nº 79 March 1956
- 15.- Magazine Informes de la Construcción.Instituto Eduardo Torroja. Nº 183 September 1966
- 16.- Magazine Informes de la Construcción.Instituto Eduardo Torroja. Nº 183 September 1966
- 17.- F.Cassinello. "Salón de Actos de la Escuela Rudolf Steiner de Basle". Informes de la Construcción nº182 July 1.966. Instituto Eduardo Torroja.
- 18.- Magazine Informes de la Construcción.Instituto Eduardo Torroja. Nº 155 November 1963.