*** Cerca de forma :**

Es genera una simulació física per a trobar una estructura que "*treballi per la forma*, és a dir una geometria que treballi només a esforços axials (de tracció o compressió) on les trajectòries de les tensions, identificades per les seves línies isostàtiques, segueixin la mateixa direcció que l'eix dels elements estructurals, minimitzant així la presència dels esforços de flexió i tall".

(Robert Brufau *El principi de la inversió* Quaderns_258, pg_72).

En aquest cas s'utilitza la simulació PARTÍCULA-MOLLA en 3 dimensions on :

- La malla de partícules està suspesa d'una série de punts , tants com soports comprimits/traccionats tindrà el model real.
- Cada barra o molla, té la mateixa longitud i les mateixes propietats, tret de les molles de contorn.
- La posició d'equilibri entre les partícules es troba através de la llei de HOOKE (f = k * d) i la llei de NEWTON de la gravetat (f = m* a).
- A partir d'un càlcul iteratiu s'arriba a un equilibri que minimitza les forces locals de flexió.

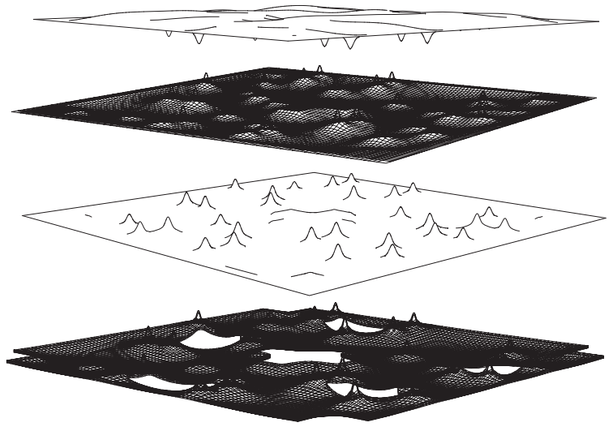
Les formes funiculars (del grec *funiculus* : corda) o CATENÀRIES ja han estat ampliament explorades per Eduardo Torroja, Heinz Isler, Frei Otto o Antoni Gaudí :

- Són formes a tracció pura aconseguides partir d'experiments on es penja un cable-corda-cadena que treballarà a tracció sota certa tensió i, en fer el procés d'INVERSIÓ CATENÀRICA trobem la forma que treballa a compressió pura sota la mateixa tensió.

Es tracta doncs, no tant de calcular i refinar una estructura donada, sinó de generar una eina de disseny per a EXPLORAR i CREAR forma estructural ja optimitzada que cobreix grans llums amb la mínima quantitat de material.

catenària a tracció

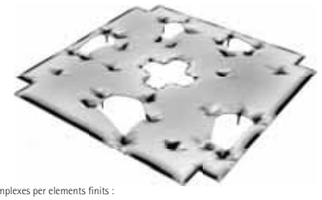
corba d'equilibri de l'arc a compressió



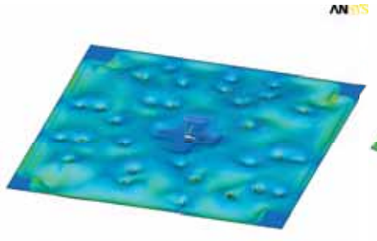
* Análisi de curvatura :

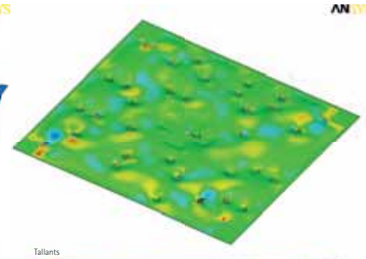
- curvatura màxima de la closca als punts de recolzament
- -al perímetre es buscaran unions articulades per evitar el tallant
- -als capitells dels pilars es posará un armat més dens

- curvatura mínima i menor armat a les parts de les corbes catenàriques que funcionen a compressió pura



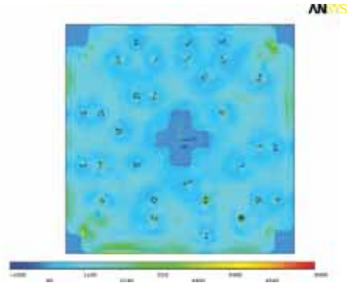
* Comprovació de la closca de formigó en programa de càlcul d'estructures complexes per elements finits :

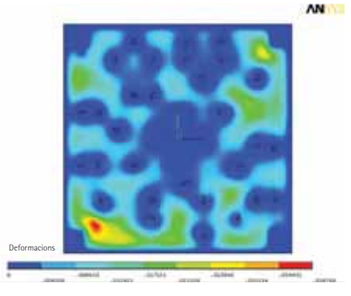




Distribució d'esforços

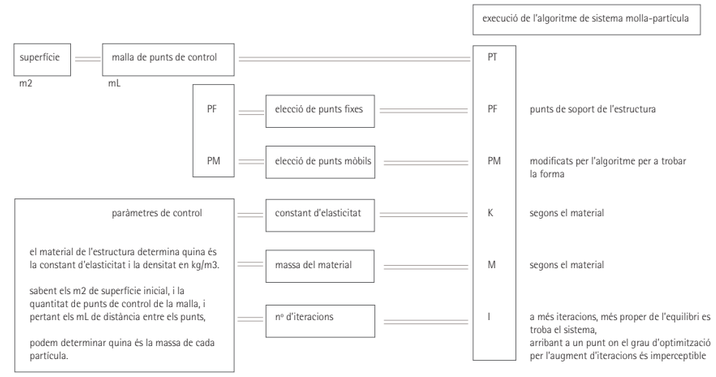
Tallants





Deformacions

*** Procés teòric de la simulació física :**

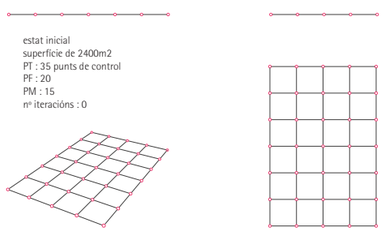


*** Exemle de la simulació per a una forma catenària :**

En aquest cas, es considera una K molt petita i una massa de les partícules en relació al formigó armat

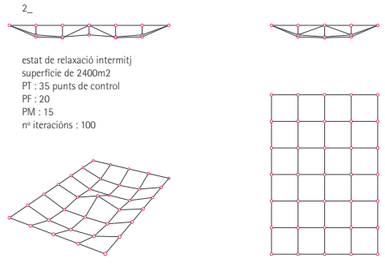
1_

estat inicial
superfície de 2400m2
PT : 35 punts de control
PF : 20
PM : 15
nº iteracións : 0



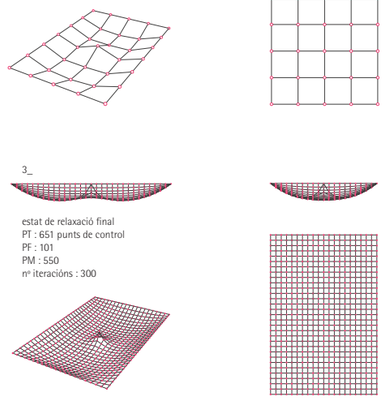
2_

estat de relaxació intermitj
superfície de 2400m2
PT : 35 punts de control
PF : 20
PM : 15
nº iteracións : 100



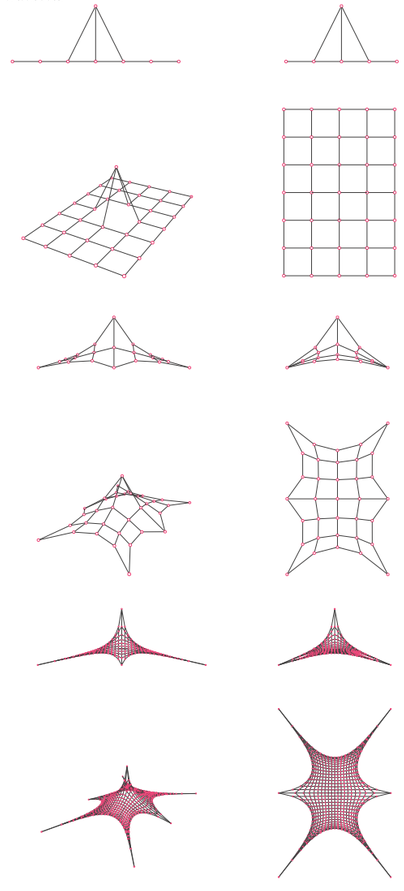
3_

estat de relaxació final
PT : 651 punts de control
PF : 101
PM : 550
nº iteracións : 300

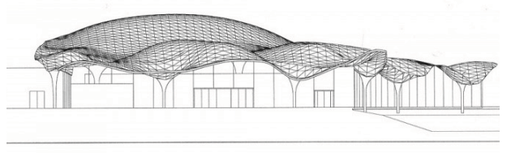


*** Exemle de la simulació per a una forma tesada :**

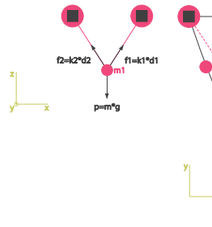
En aquest cas, es considera una K molt gran i una massa de les partícules en relació al cable d'acer

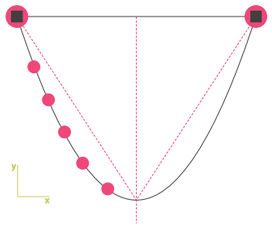


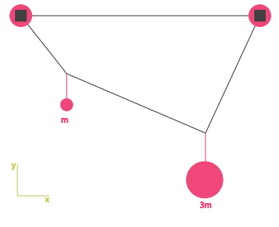
projecte per al crematòri de Kakamigahara , Toyo Ito, teulada de closca de formigó optimitzada principalment a compressió



muntatge d'estructura de malla de cables a tracció amb múltiples mástils a compressió







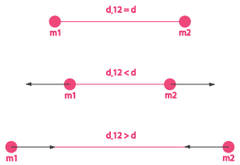
el sistema partícula-molla, és una aproximació molt acurada als sistemes d'inversió catenàrica : utilitza molles axials que conecten partícules com a elements DISCRETS d'una superfície per a simular el comportament físic dels pesos penjats de cordes de Gaudí, ens fixem en el comportament de cada un dels milions de punts de la malla que volem relaxar

donades 2 masses m i 3m penjades de 3 molles sense pes, podem variar els paràmetres (m), (k) i (d) i aconseguir infinits estats d'equilibri i trobar diferents formes funiculars per la mateixa sol·licitació

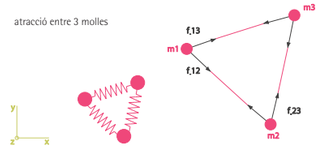
estat 1 : molla estable, no exerceix força sobre les partícules

estat 2 : molla comprimida, exerceix força de repulsió sobre les partícules

estat 3 : molla estirada, exerceix força d'atracció entre les partícules



atracció entre 3 molles



llei de Newton

f = m * a

p = m * g

(m) massa

llei de Hooke

f = k * d

(k) constant d'elasticitat

(d) distància entre les partícules

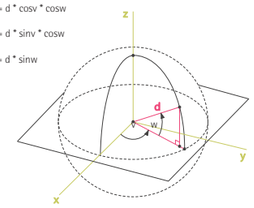
models d'inversió de Frei Otto (malla) i Heinz Isler (teixit)

coordenades esfèriques per a la simulació 3d

x = d * cosv * cosw

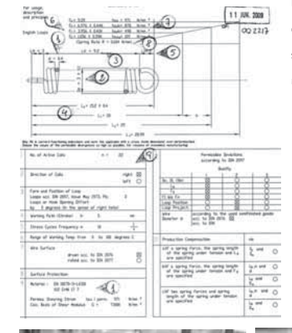
y = d * sinv * cosw

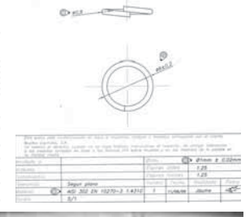
z = d * sinw

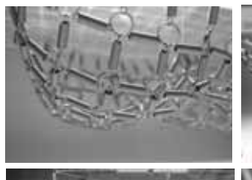


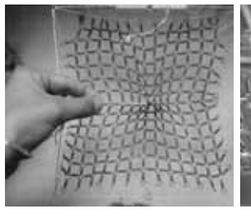
* Comprovació en maqueta de molles i arandeles :

La molla té una força incial F0 de 1.056 , es a dir que necesita un pes de 100g~ per a llargar-se i té una constant de 0.60N/mm, es a dir que necesita 60 grams ~ para desplaçar-se 1 mm.









*xarxa d'espais creatius per a barcelona : edifici servidor i d'equipaments
laia mogas soldevila ::: etsav ::: tutor franc fernandez ::: tribual 6 ::: convocatòria juny 2009 :::