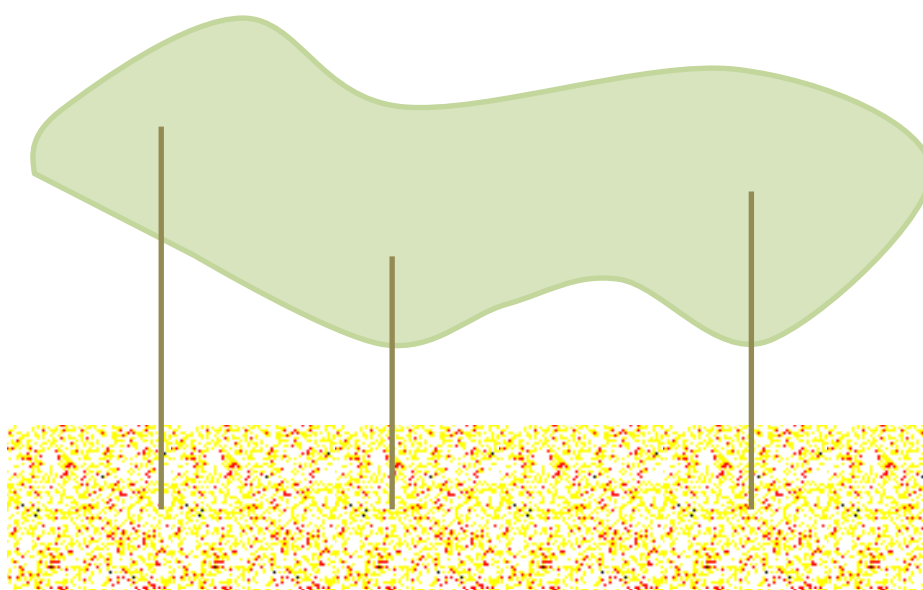


Guia tècnica per al disseny de sòls estructurals en Parcs i Jardins de Barcelona

Tardor de 2023





**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

Promotor:

INSTITUT MUNICIPAL DE PARCS I JARDINS DE BARCELONA

Direcció tècnica:

Direcció de Serveis Tècnics i Planificació

Institut Municipal de Parcs i Jardins de Barcelona

Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic

Ajuntament de Barcelona

Autoria:

INSTITUT MUNICIPAL DE PARCS I JARDINS DE BARCELONA

Equip redactor:

Anna Terricabras, enginyera tècnica agrícola i paisatgista

Jana Miró, tècnica de Projectes de Parcs i Jardins de Barcelona

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

1	INTRODUCCIÓ	4
1.1	OBJECTE DE L'ENCÀRREC.....	4
1.2	REFERÈNCIES DOCUMENTALS	4
2	ANTECEDENTS	5
3	DEFINICIÓ DE SÒL ESTRUCTURAL	7
3.1	VISIÓ AGRONÒMICA	7
3.2	VISIÓ ESTRUCTURAL	8
4	ÀMBIT D'APLICACIÓ DE SÒLS ESTRUCTURALS.....	9
4.1	SOTA PAVIMENT	9
4.1.1	CAPA D'AIREIG	9
4.1.2	SOTA PAVIMENT IMPERMEABLE	9
4.1.3	SOTA PAVIMENT DRENANT/PERMEABLE	11
4.1.4	SOTA PAVIMENTS GRANULARS.....	13
4.2	EN PARTERRES DE PRATS URBANS.....	14
4.3	EN PARTERRES AMB ARBUSTIVA/VIVAÇ	15
4.4	EN ESCOCELLS D'ARBRA.....	16
4.5	SOBRE ESTRUCTURES I FORJATS	16
4.6	EN SISTEMES URBANS DE DRENATGE SOSTENIBLE (SUDS)	17
5	MODELS DE SÒL ESTRUCTURALS	18
5.1	TERRA AMSTERDAM	18
5.2	MÉLANGES TERRE-PIERRES (MTP)	18
5.3	CU-SÒL-ESTRUCTURAL.....	18
5.4	STOCKHOLM.....	20
6	DEFINICIÓ TÈCNICA D'UN SÒL ESTRUCTURAL TIPUS PER PARCS I JARDINS DE BARCELONA	22
6.1	COMPOSICIÓ DE LA BARREJA.....	22
6.1.1	MATERIALITAT I SOSTENIBILITAT	22
6.1.2	GRANULOMETRIA.....	23
6.2	PREPARACIÓ DE LA BARREJA	24
6.2.1	IN SITU	24
6.2.2	PLANTA PROCESSADORA	25
6.3	VOLUM DE SÒL PER ARBRAT URBÀ.....	26

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

6.3.1	VOLUM DE SÒL ÚTIL EN JARDÍ	26
6.3.2	VOLUM DE SÒL ESTRUCTURAL.....	27
6.3.3	DIMENSIONAT	28
6.3.4	CONNEXIONS.....	29
6.4	PREPARACIÓ DEL TERRENY	30
6.4.1	ANÀLISI DEL SÒL PREEXISTENT (SOSTENIBILITAT I INFILTRACIÓ)	30
6.4.2	PREPARACIÓ DEL TERRENY	31
6.4.3	DRENATGE	31
6.4.4	AERACIÓ.....	32
6.4.5	INTEGRACIÓ AMB ELS SERVEIS I FONAMENTACIONS	35
6.5	INSTAL·LACIÓ DE SÒLS ESTRUCTURALS	37
6.5.1	EN OBRA NOVA	37
6.5.2	EN OBRA AMB ARBRAT EXISTENT	37
6.6	PLANTACIÓ EN SÒLS ESTRUCTURALS.....	39
6.6.1	ESPÈCIES TESTADES EN SÒLS ESTRUCTURALS.....	39
6.6.2	PLANTACIÓ.....	39
6.7	REG.....	40
6.8	TESTOS I ASSAJOS.....	43
7	CEL·LES DE SÒL / CEL·LES ESTRUCTURALS	43
7.1	ESPECIFICACIONS TÈCNiques	45
7.1.1	MODELS I ALTERNATIVES	46
7.2	INSTAL·LACIÓ.....	48
8	PROPER PASSOS PER SEGUIR EN EL CONEIXEMENT TÈCNIC DEL SUBSOL	49
9	BIBLIOGRAFIA	50
9.1	NORMATIVA DE REFERÈNCIA.....	50
9.2	LLIBRES / DOCUMENTS / REVISTES.....	50
9.3	NTJ DE REFERÈNCIA.....	51
9.4	PROJECTES DE REFERÈNCIA	52
10	ANNEX 1. DOCUMENTACIÓ FOTOGRÀFICA DE L'EXECUCIÓ DEL SÒL ESTRUCTURAL EN L'OBRA DELS EIXOS VERDS A L'EIXAMPLE DE BARCELONA	53
11	ANNEX 2. ESTUDI TÈCNIC DE LA SOLUCIÓ DRENANT D'UN PAVIMENT GRANULAR DE SAULÓ COMPACTAT DURANT LA REHABILITACIÓ HISTORICOPAISATGÍSTICA DE LA PLAÇA DE JOAN FIVELLER EN EL PARC DE LA CIUTADELLA A BARCELONA.....	56

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

1 Introducció

1.1 Objecte de l'encàrrec

L'objecte del present document és la redacció d'una guia tècnica que reculli la metodologia de treball per implantar un sòl estructural als parcs i jardins de Barcelona.

L'objectiu és complementar la documentació tècnica actual i que assessori en la implantació d'aquest sistema constructiu als parcs i jardins de la ciutat i reculli la documentació tècnica publicada i l'experiència obtinguda en les obres executades.

Aquesta guia ha de ser una eina d'ajuda pels tècnics de Parcs i Jardins de Barcelona que revisen projectes externs que prescriuen aquest sistema constructiu.

En aquest document es defineix què és un sòl estructural, es proporciona la informació tècnica sobre els sòls estructurals, l'àmbit d'aplicació, es descriuen els diferents models de sòl estructural, i es concreta tècnicament com ha de ser un sòl estructural tipus per a parcs i jardins de Barcelona.

Aquest document també descriu un altre sistema alternatiu als sòls estructurals, les cel·les de sòl, vegeu el punt 7.

1.2 Referències documentals

En l'actualitat, el Departament de Parcs i Jardins de Barcelona disposa d'alguns documents de referència que esmenten i descriuen el sistema constructiu d'un sòl estructural:

- » Carballo, G.; Rodríguez, G.; Borruei, O.; Lurbes, E.; Agea, E. 2020. Plec de prescripcions tècniques per al disseny, l'execució i la recepció d'espais verds. Parcs i Jardins, Institut Municipal de Barcelona, rev. 03/2021.
- » Carballo, G.; Chesa, M. J.; Higuero, A.; Esbrí, O.; Garriga, J.; Gamas, M.; Solà, A.; De Castro, D. 2020. Guia tècnica per al disseny de sistemes de drenatge urbà sostenible SUDS. Medi Ambient i Serveis Urbans. Ecologia Urbana.
- » Lara, L.; Subils, I.; Fernandez, M.; Rubio, M. 2016. Estudi per a la implantació de sistemes de sòls estructurals i paviments drenants per millorar la plantació de l'arbrat de l'espai viari de Barcelona. Parcs i Jardins, Institut Municipal de Barcelona.
- » PROJECTE MASU 2015. 2016. Les millores de sòl en arbrat existent i en noves urbanitzacions (sòls estructurals). Direcció d'Espais Verds i Biodiversitat
- » Esteyco, Abpaisatgistes. 2022. Projecte executiu de reurbanització del carrer Pi i Margall, entre la plaça d'en Joanic i la ronda del Guinardó.
- » Battle i Roig. 2022. Projecte executiu de reforma de l'avinguda Meridiana entre el carrer Felip II i el passeig de Fabra i Puig.
- » IMPIB. 2023. Documentació fotogràfica de l'execució del sòl estructural en l'obra dels eixos verds a l'Eixample de Barcelona (vegeu l'annex).

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

2 Antecedents

Diversos estudis descriuen que els arbres malviuen en zones urbanes i de mitjana poden viure entre quaranta i cinquanta anys, si no es compten els que no s'implanten, quan els mateixos exemplars podrien viure molt més temps en un entorn forestal natural.

El problema més important amb què s'enfronten els arbres urbans és l'escassetat de sòl adequat per al creixement de les arrels. Molts dels reptes a què han de fer front els arbres en medi urbà es poden pal·liar amb una bona selecció d'espècies però no existeix l'espècie que pugui tolerar la compactació extrema i la complexitat dels sòls urbans.

Un gran volum de sòl no compactat amb un bon drenatge, aeració adequada i una bona fertilitat és la clau per al bon desenvolupament dels arbres. Quan el sòl és inadequat, els arbres deixen de créixer, presenten símptomes de raquitisme i moren prematurament.

Si s'inverteix a millorar les condicions en els sòls urbans, l'arbre, i la resta de vegetació, ho retornarà amb grans beneficis ecosistèmics.

El procés constructiu d'una ciutat, és a dir, en aquest cas la pavimentació, obliga necessàriament a un alt nivell de pertorbació de les condicions dels sòls, sobretot pel que fa a compactació.

Les obres d'urbanització malmeten i compacten el sòl, fet que ocasiona la destrucció de la seva estructura i la pèrdua de macroporositat. Això provoca el següent:

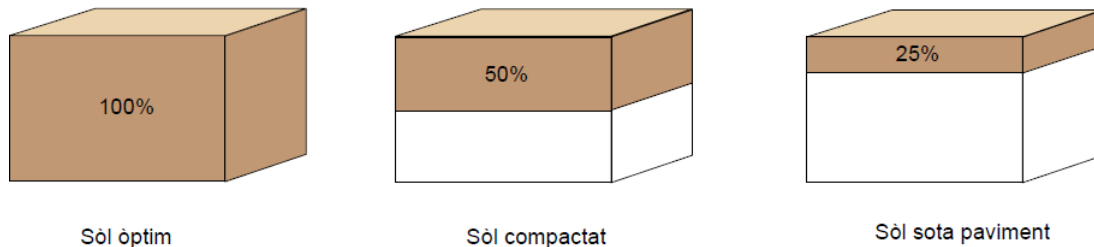
- » restricció de l'aireig, és a dir, la circulació d'O₂ i CO₂;
- » disminució del drenatge i la circulació de l'aigua;
- » dificultat de penetració de les arrels, i
- » afectació en la fertilitat del sòl.

Quan les arrels es troben en un sòl compactat, deixen de créixer i adopten una estructura anòmala i superficial que pot provocar:

- » Arbres més vulnerables a la sequera
- » Exemplars menys estables pel que fa a risc
- » Hi ha més possibilitats de provocar aixecaments i danys en els paviments.
- » El sòl es pot entollar d'aigua i pot provocar la mort de l'arbre per asfíxia radicular.

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

En sòls compactats es pot estimar que el volum de terra útil dedicat al desenvolupament radicular s'aproxima al 50%, i en àrees pavimentades pot arribar a ser del 25%.



Sòl en àrees pavimentades. Font: Diputació de Barcelona

En sòls urbans que no estan coberts per paviment, és possible millorar o substituir els sòls compactats per fer-los més adequats al creixement de les arrels. Però quan els sòls estan coberts per paviment, les necessitats de l'arbre van en contra de les especificacions de compactació necessàries per col·locar un paviment. Això és degut al fet que tots els paviments s'han de col·locar sobre unes bases compactades de manera que el paviment no perdi al llarg del temps la seva estabilitat.

Donada la disponibilitat limitada d'espai a les ciutats, és molt desitjable poder tenir un sòl que compleixi els requisits per la pavimentació i que alhora permeti el creixement de les arrels sense obstacles sota el paviment. Els sòl estructural és un sistema que compleix aquests dos requisits.

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

3 Definició de sòl estructural

És un sistema formulat per tal de compatibilitzar un sòl útil per al desenvolupament de les arrels dels arbres i les exigències tècniques i portants dels paviments.

Aquest sistema permet a les arrels dels arbres estendre's i explorar un volum més gran de sòl per sota de les zones dures i pavimentades.

El sòl estructural es basa en una barreja de material granular i terra vegetal que es pot compactar més del 95% de Pròctor i que permet el creixement de les arrels dels arbres.

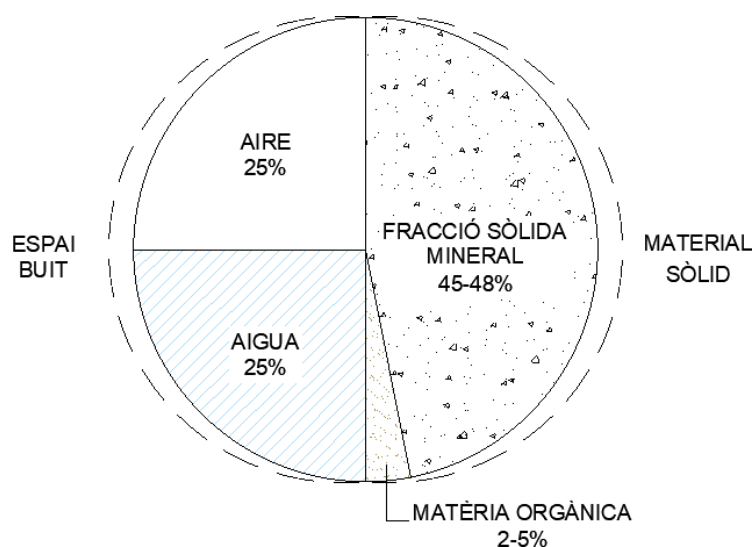
Els sòls estructurals es poden emprar com un sistema per recollir, retenir i infiltrar l'aigua de l'escorrentia superficial per a l'aprofitament de la mateixa vegetació i/o també com a sistema de recàrrega i d'infiltració al terreny natural.

3.1 Visió agronòmica

Un arbre sa comença amb un sòl saludable. Els arbres necessiten quantitats adequades de sòl, humit, ben airejat i no compactat per poder madurar en l'entorn urbà. Aquestes condicions permeten a les arrels de l'arbre penetrar en el terreny, explorar i colonitzar per obtenir nutrients, oxigen i aigua que són essencials per al seu desenvolupament.

Les propietats físiques del sòl són les que determinen el creixement de les arrels i, sobretot, el balanç entre l'aigua i l'aire.

Un sòl ideal per al desenvolupament de les arrels dels arbres està format per una meitat de material sòlid i l'altra meitat d'espai buit. La part sòlida ha de contenir aproximadament un 45% de minerals i un 5% de matèria orgànica. L'espai porós s'ha de repartir entre un 25% d'aire i un 25% d'aigua.



Gràfic de sòl ideal

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

Un sòl estructural ben formulat s'aproxima bastant a un "sòl ideal" ja que té com a mínim un 40% de porositat entre els buits que deixa el material granular i la porositat de les terres vegetals de la barreja.

La terra vegetal, aportada a la barreja, omple part dels buits, cohesiona i dona estructura. Alhora proporciona la matèria orgànica i la capacitat de retenció d'aigua suficient per nodrir els arbres.

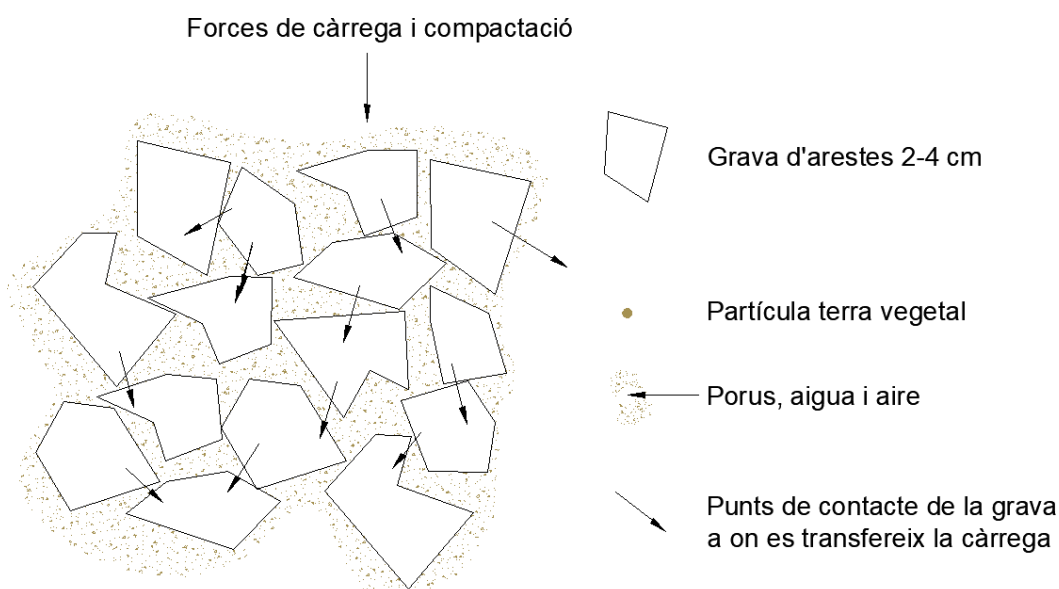
Cal destacar que aquest model conté menys percentatge (20%-25% del volum total) de sòl útil per als arbres, però és més resistent a les càrregues que un sòl argilós ja que no és deformable.

3.2 Visió estructural

Per col·locar paviments és necessari un sòl altament compactat que eviti l'aparició de patologies mecàniques, estructurals o d'anivellament, entre d'altres.

Per assolir la capacitat portant per col·locar els paviments, la matriu estructural dels sòls estructurals ha d'estar formada per materials inerts, no deformables, compactables i que no permeti assentaments per les forces de compressió. Això es pot assolir treballant amb àrids d'una certa granulometria.

En compactar-se la matriu estructural d'aquest tipus de sòl genera una estructura en gelosia oberta amb un 40% de porositat que és ocupada, en part, per la terra vegetal, l'aigua i les arrels. La compactació aplicada a la barreja genera una fricció entre les partícules sòlides que proporciona l'estabilitat i la capacitat portant exigides per la construcció dels paviments, i assoleix, segons el model, un valor superior al 95% de l'assaig de compactació Pròctor Modificat.



Gràfic de sòl estructural. Font: Cornell University

Aquest sistema garanteix alhora el creixement de les arrels sota la superfície pavimentada i redueix a la vegada les pertorbacions i els danys als paviments per part de les arrels.

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

4 Àmbit d'aplicació de sòls estructurals

Els sòls estructurals han estat dissenyats per utilitzar-se on es requereixi la compactació del sòl, com ara sota voreres, aparcaments, mitgeres, places i espais amb trànsit restringit de vehicles i de servei. Quan no és necessari compactar un sòl, s'ha d'utilitzar un sòl vegetal d'alta qualitat i ben drenat.

Els nous projectes de paisatge urbà ofereixen la millor oportunitat per utilitzar sòl estructural des del punt de vista de les necessitats dels arbres i pot esdevenir una prioritat en el disseny i la planificació en les fases de projecte.

4.1 Sota paviment

4.1.1 Capa d'aireig

En els paviments durs o permeables, es recomana preveure una subbase que actuï com a capa d'aireig. Aquesta subbase s'ha de situar entre la base del paviment i el sòl estructural. La capa d'aireig garanteix l'entrada i circulació de l'aire sota els paviments i alhora evita la proliferació d'arrels a sota dels paviments que els danyen i aixequen.

Es recomana preveure la col·locació d'una subbase de graves de granulometria de 20-40 mm, d'un gruix mínim de 15 cm (recomanable 20 cm) entre el sòl estructural i la secció prevista de paviment.

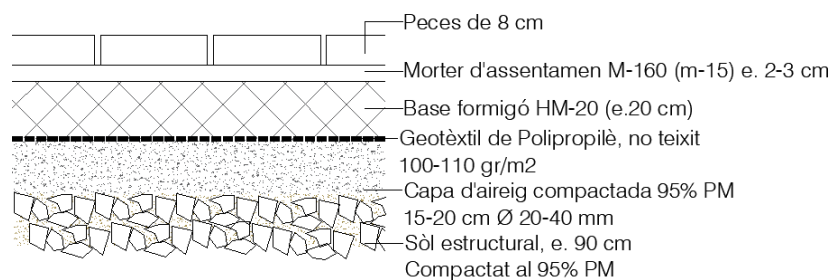
Es recomana col·locar aquesta capa a sota dels paviments permeables i impermeables.

4.1.2 Sota paviment impermeable

Els paviments impermeables no permeten la infiltració d'aigua i l'intercanvi de gasos entre l'atmosfera i el sòl.

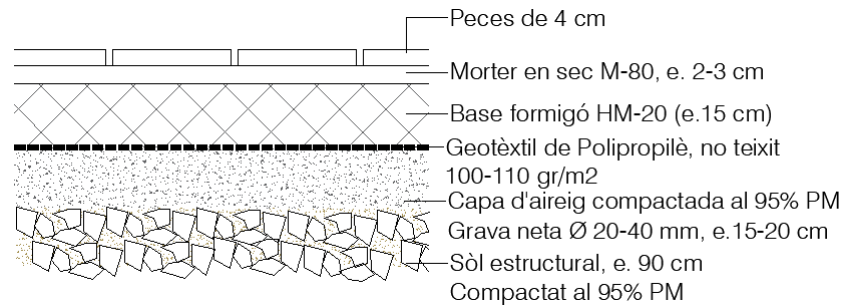
Sota un paviment impermeable s'ha d'aplicar d'entre 60 a 90 cm de sòl estructural compactat al 95 % de Pròctor Modificat.

S'ha de preveure una capa d'aireig entre el sòl estructural i la secció del paviment previst per garantir la circulació de l'aire i evitar futurs danys en els paviments, vegeu el punt 4.1.1.

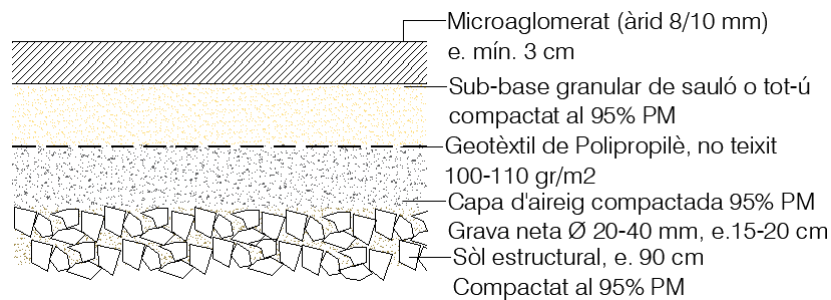


**Secció de paviment de llambordes impermeable
(zones de vianants amb pas de vehicles d'emergència)**

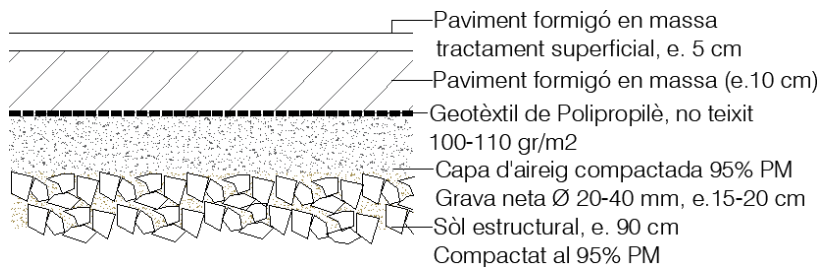
**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**



Secció de paviment de llambordes impermeable (zones de vianants)



Secció de paviment microaglomerat (zones de vianants amb pas de vehicles d'emergència)



Secció de paviment de formigó en massa bicapa (zones de vianants amb pas de vehicles d'emergència)

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

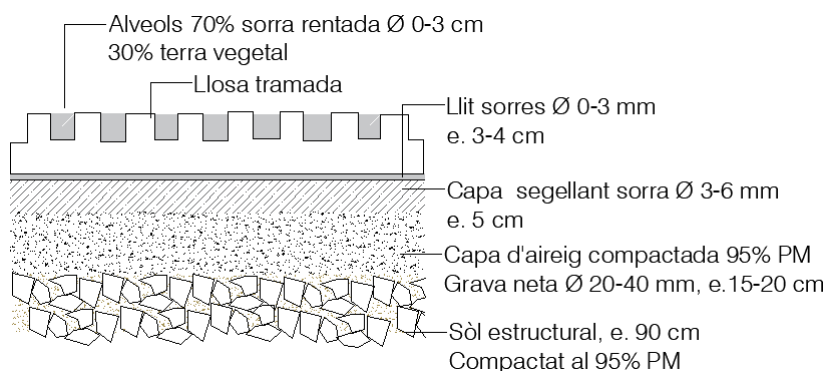
4.1.3 Sota paviment drenant/permeable

Els paviments permeables o porosos han d'anar sobre una base granular que permeti la infiltració d'aigua a capes inferiors de sòl, normalment treballa amb una granulometria uniforme.

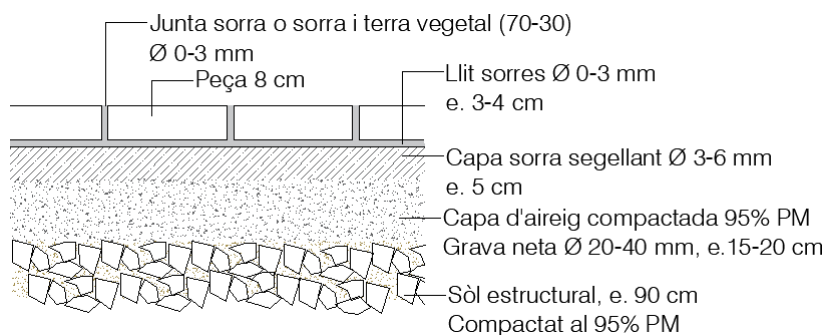
Amb aquest tipus de paviments es pot substituir la base granular per un sòl estructural. Això permet assolir uns graus de compactació adequats per al paviment, esdevenir el suport d'un creixement més saludable dels arbres i proporcionar una gran porositat i velocitat d'infiltració de l'aigua al terreny natural.

» Paviment en sec

Si s'utilitzen llambordes o peces sense morter, s'ha d'utilitzar un llit de fixació de sorra gruixuda de grau uniforme segons les especificacions del material. És important separar aquest llit de sorres del sòl estructural per evitar la migració de material amb una capa segellant o bé un geotèxtil de polipropilè, no teixit 100-110 g/m² filtrant que no restringeixi el moviment de l'aire i l'aigua.



**Secció de paviment amb lloses tramades col·locades en sec
(zones de vianants amb pas de vehicles d'emergència)**



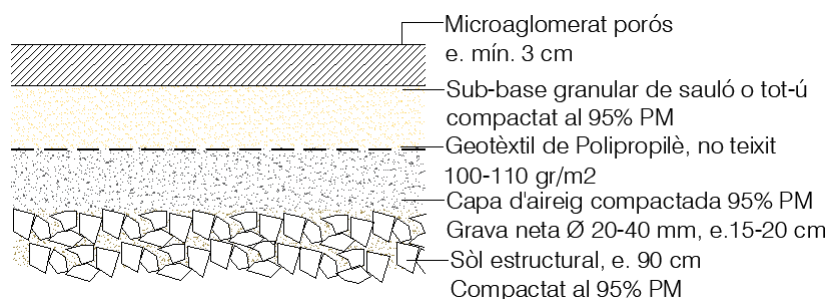
**Secció de paviment amb peces col·locades en sec
(zones de vianants amb pas de vehicles d'emergència)**

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

» **Asfalt porós**

L'asfalt porós és similar a l'asfalt tradicional en tots els sentits, excepte en l'especificació de la barreja. A diferència de l'asfalt tradicional, l'asfalt porós no conté partícules fines que deixen més buits i permeten que l'aigua flueixi a través del paviment, en lloc de per sobre.

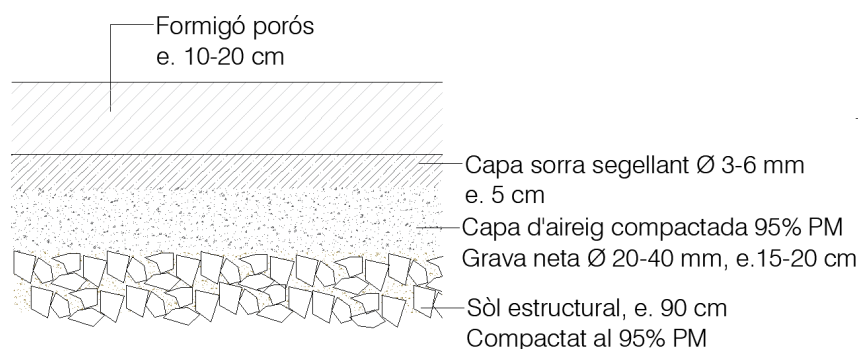
Sota els asfalts es pot incorporar una capa de sòl estructural que manté la capacitat portant per un paviment, dona suport al desenvolupament dels arbres i captura l'aigua de pluja.



**Secció de paviment d'asfalt porós
(zones de vianants amb pas de vehicles d'emergència)**

» **Formigó porós**

El formigó porós està compost per material en el qual s'ha eliminat part de l'agregat fi de la seva composició, perquè quedin buits o buits interconnectats, que actuaran com a capil·lars macroscòpics drenants de l'escorriment superficial.



**Secció de paviment d'asfalt porós
(zones de vianants amb pas de vehicles d'emergència)**

Cal destacar que els paviments porosos i permeables necessiten manteniment. Per mantenir uns nivells de porositat adequats, s'ha d'aspirar un cop a l'any per eliminar les partícules de llims i pols i per evitar el reblliment i tancament dels buits.

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

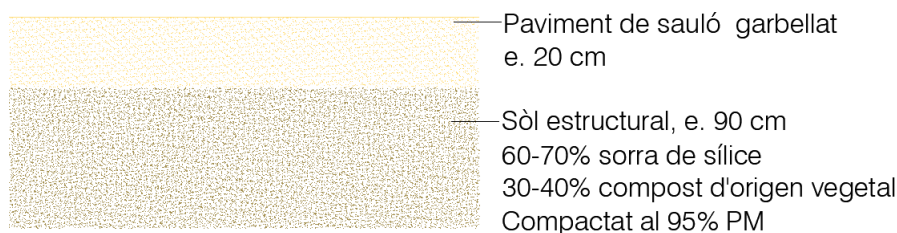
4.1.4 Sota paviments granulars

Els saulons, amb l'intens trepig dels vianants i els pas de vehicles ocasionals, es poden convertir en superfícies altament compactades i impermeables que dificulten el bon desenvolupament radicular dels arbres i en comprometen el desenvolupament.

Els paviments granulars on es pot aplicar el sòl estructural són majoritàriament saulons.

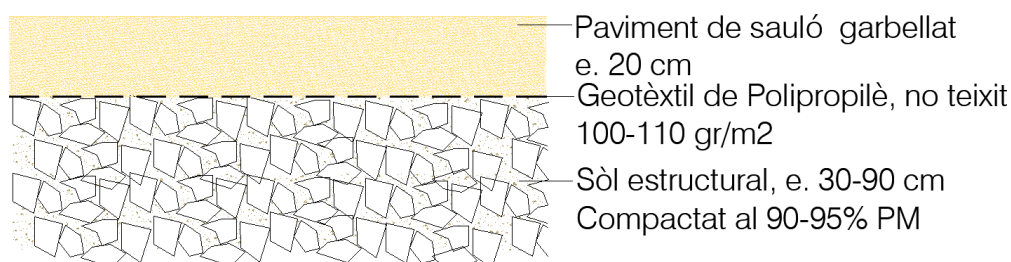
Amb l'ús de sòls estructurals podem aconseguir zones de sauló amb una base compactada i estable que suporti nivells elevats de trepig de vianants i fins i tot el pas de vehicles de forma ocasional i que, alhora, permeti un bon desenvolupament del sistema radicular dels arbres.

Es recomana, pel tipus de fraccions granulomètrica del sauló, treballar amb el model terra Amsterdam, amb un 60-70% de sorra de sílice garbellada de màxim 10 mm i un 30-40% de compost d'origen vegetal d'alta qualitat (vegeu el punt 5).



Secció de paviment de sauló, Model terra Amsterdam (zones de vianants amb pas de vehicles d'emergència)

Una altra alternativa seria emprar com a matriu estructural una base de grava o balast seguint el Model CU-sòl-estructural. En aquest cas, s'ha de preveure un geotèxtil separador i filtrant entre el sòl estructural i l'àrid granular.

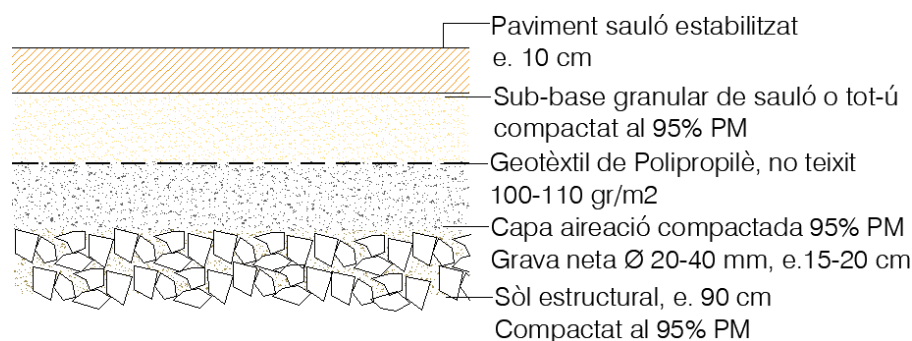


Secció de paviment de sauló, Model CU-sòl-estructural (zones de vianants amb pas de vehicles d'emergència)

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

» Paviment d'àrid estabilitzat

El sòl estructural es pot utilitzar com a subbase compactada de paviments granulars estabilitzats degut al fet que aquests necessiten una subbase compactada per la seva adequada instal·lació i funcionament.

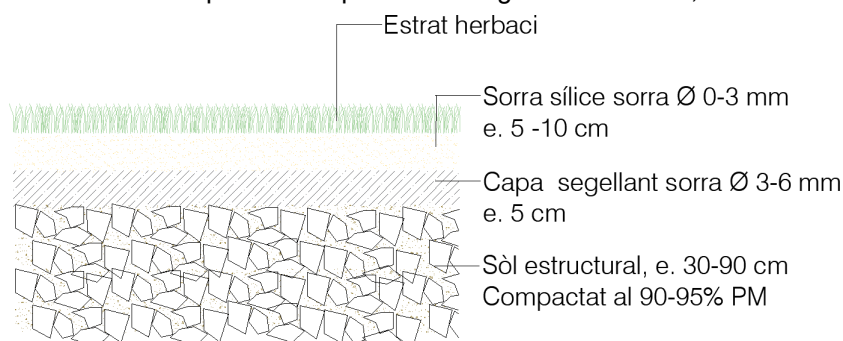


**Secció de sauló estabilitzat
(zones de vianants amb pas de vehicles d'emergència)**

4.2 En parterres de prats urbans

De vegades les superfícies de prat o gespa estan implantades en terrenys poc favorables per al seu desenvolupament, és a dir, en sòls compactats. És habitual trobar zones degradades, on s'acumula l'aigua de pluja, s'entolla i a on el prat o gespa mor per asfíxia radicular.

Amb l'ús de sòls estructurals podem aconseguir prats sans que suportin nivells elevats de trepig de vianants i fins i tot el pas de vehicles de forma ocasional. Alhora poden esdevenir sistemes que mitiguin i retenguin l'escorrentia de l'aigua de pluja. Això permet reduir els volums d'aigua d'escorrentia que entren al sistema de sanejament i alhora recarreguen els freàtics. És necessari un gruix mínim de 30 cm de sòl estructural sota tota la superfície de prat que cohesioni, estabilitzi el sistema i eviti assentaments puntuals. S'ha d'aplicar i compactar en tongades més fines, de 15 cm.



Secció amb estrat herbaci

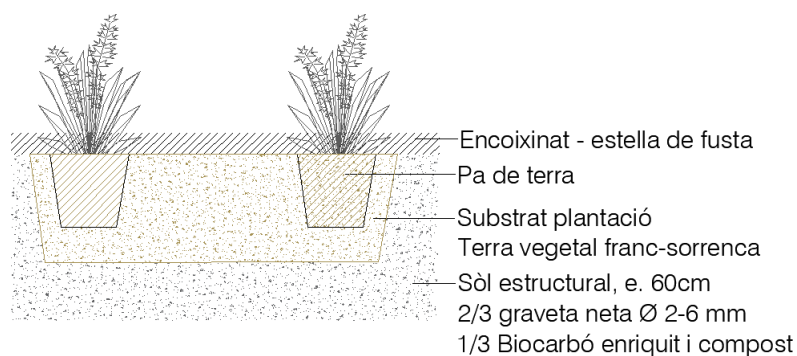
**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

Si es pretén que la superfície de prat esdevingui un veritable SUDS (sistema urbà de drenatge sostenible) s'hauria d'emprar una gruixa mínim de 60 cm de sòl estructural.

Si es combina la plantació de prats amb la plantació d'arbres, és necessari una profunditat de sòl estructural d'entre 60 a 90 cm, recomanable 90 cm.

4.3 En parterres amb arbustiva/vivaç

Actualment s'estan realitzant assajos en parterres amb sòl estructural. La barreja pot variar segons la situació, però la que ha donat millors resultats en parterres d'arbustos i vivaces és a partir de 3 parts de graveta de granulometria de 2 a 6 mm i una part de biocarbó¹ enriquit i compost, vegeu la referència Plant Beds in Stockholm City - a Handbook 2017.



Secció de parterre amb arbusts i vivaces

¹ El biocarbó, també conegut com Biochar, és un material orgànic escalfat en un procés lliure d'oxigen anomenat piròlisi. El biocarbó millora l'estructura del sòl i la capacitat de retenció d'aigua i nutrients.

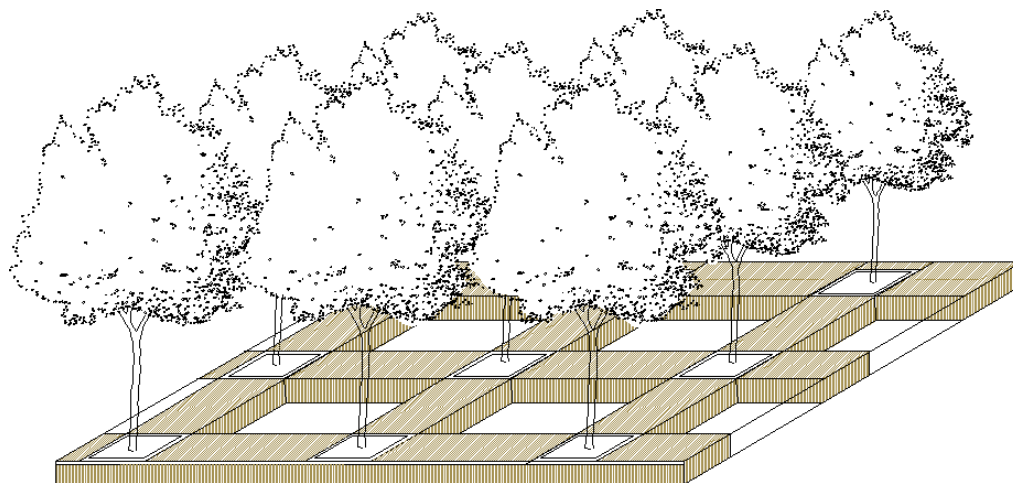
Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

4.4 En escocells d'arbrat

La funció del sòl estructural en escocells d'arbrat és la de connectar els escocells entre si per sota de paviments amb un sistema que permeti compatibilitzar un volum de sòl més gran i útil per al desenvolupament de les arrels dels arbres i les exigències tècniques i portants dels paviments.

Per aconseguir un gran volum de sòl útil sota els paviments es pot unir els escocells amb sòl estructural o generar grans volums de sòl puntual.

És recomanable emprar aquest tipus de sòls en combinació amb escocells de mides generoses o seguits que permetin l'entrada d'aigua i l'intercanvi de gasos de forma natural.



Esquema de sòl estructural en escocells

4.5 Sobre estructures i forjats

Sovint en les ciutats hem de plantar arbres sobre estructures i forjats, per exemple, aparcaments, túnels, galeries de serveis... Per tant, és necessari treballar amb sòl i substrats a partir de materials lleugers barrejats amb terra vegetal, que proporcionin un volum de porus suficient per als arbres i que redueixi la càrrega sobre l'estructura.

Si la capacitat de càrrega de l'estructura no suporta grans pesos, s'ha de valorar la possibilitat d'emprar com a matriu estructural pedra tosca o biocarbó combinat amb pedra.

S'ha de preveure un sistema de drenatge de l'aigua o una capa de graves i tub de drenatge sota el sòl estructural.

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

4.6 En sistemes urbans de drenatge sostenible (SUDS)

En l'actualitat, hi ha un especial interès per emmagatzemar i infiltrar les aigües pluvials al lloc a partir de basses de retenció i bioretenció. Un altre mètode per emmagatzemar i infiltrar les aigües pluvials al lloc consisteix a utilitzar paviments permeables porosos amb una capa base de sòl estructural.

Quan utilitzeu sòl estructural amb sistemes SUDS hi ha algunes coses que és important tenir en compte:

- » La profunditat del dipòsit de sòl estructural depèn de la mida de la tempesta que vulgueu mitigar.
- » El terreny sobre el qual es construeixin ha de tenir una bona capacitat d'infiltració.
- » Les taxes d'infiltració per a la recàrrega d'aigua subterrània varien molt i depenen del tipus de sòl sota el sòl estructural. És necessari realitzar unes cales en el sòl i proves d'infiltració en el nivell per sota de la capa de sòl estructural.
- » És necessari preveure un sistema d'evacuació d'aigua convencional, embornal, per evitar el reblliment del sistema.
- » L'espècie per plantar ha de ser resistent tant a la sequera com a situacions de saturació del subsol.

El sòl estructural es pot emprar en la formació d'escocells i franges drenants o d'infiltració.

Els escocells drenants o d'infiltració són un dispositiu format pel mateix escocell on es planta l'arbre, i que pot incorporar arbusts, si les dimensions ho permeten, recolzat sobre un sòl estructural, compost per graves o cel·les de sòl, en el qual s'emmagatzema aigua per a la seva posterior infiltració al terreny.

Per obtenir més rendiment, es recomana connectar-los entre si, ja sigui en superfície, o en el subsol, mitjançant rases drenants o tubs de connexió.

El sòl estructural pot funcionar com un dipòsit per la captura d'aigües pluvials sota paviment. Per exemple, una capa de sòl estructural de 60 cm pot retenir 150 mm (150 l/m²) de pluja en 24 hores.



Rasa contínua amb sòl estructural i paviment permeable, SUDS. Font imatge: Urban Horticulture Institute Cornell University

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

5 Models de sòl estructurals

5.1 Terra amsterdam

La terra Amsterdam amb més de 40 anys d'aplicació ha demostrat ser un mitjà eficaç per als arbres urbans. Generalment consisteix en el següent:

- » Un **60-70%** de sorra sílice garbellada, granulometria no superior a 10 mm
- » Un 30-40% de compost d'origen vegetal d'alta qualitat.

La terra Amsterdam proporciona una porositat del 42,1% a la barreja. La sorra de sílice permet que el sòl aconseguixi una compactació del 85%-90%, cosa que li permet suportar la pavimentació i resistir la compactació del trànsit de vianants i vehicles. La textura de la sílice també permet que l'oxigen i la humitat arribin a la zona de l'arrel i donin suport al creixement saludable dels arbres. La matèria orgànica afegida, compost, augmenta l'aeració del sòl, la retenció d'aigua i la disponibilitat de nutrients.

Com a aportació d'aquest model, cal indicar que l'experiència a Barcelona de la terra Amsterdam no és gaire positiva, ja que és un terreny molt filtrant i poc "retenidor" de matèria orgànica i humitat que en el nostre clima no acaba de funcionar.

5.2 Mélanges terre-pierres (MTP)

Des dels anys vuitanta les ciutats d'Angers (França) i Osnabrück (Alemanya) treballen amb la barreja de terra i pedres MTP que és un sòl base amb:

- » Un **65% de grava neta gran**, granulometria de 60 a 90 mm
- » Un **35% de terra vegetal**

Aquest tipus de substrat té la particularitat de ser particularment resistent als fenòmens de compactació, de manera que permet una porositat del 50%. Consisteix en un "esquelet" de grava que formen una estructura autoportant. Els buits que queden entre les pedres s'omplen de sòls vegetals en què creixen les arrels dels arbres. Aquesta barreja assegura una excel·lent resistència als fenòmens de compactació i evita l'asfíxia del sòl producte de la pavimentació.

5.3 Cu-sòl-estructural

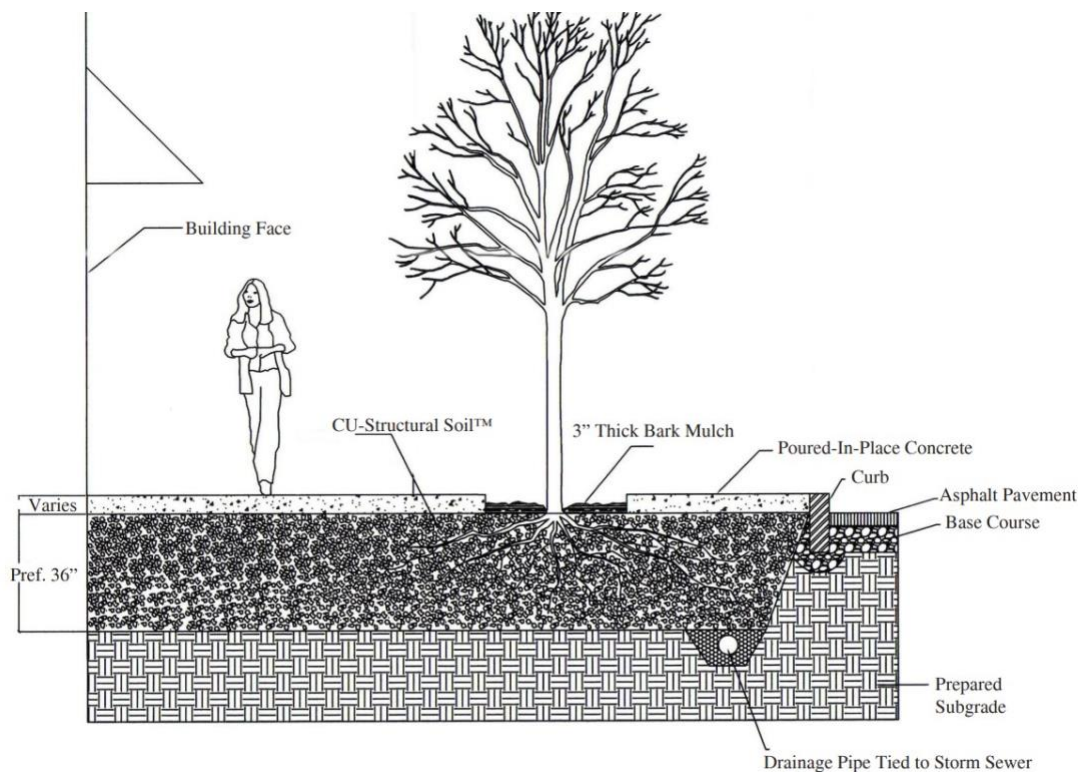
En els anys noranta Cornell University va desenvolupar un model de sòl estructural.

Aquest model es basa en una barreja de grava i terra vegetal que es pot compactar més del 95% de Pròctor i que permet el creixement de les arrels dels arbres.

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

Està format pels components següents:

- » **80%** de grava d'arestes vives, d'origen granític o calcari, amb una granulometria de 20-40 mm sense fins.
- » **20% de terra vegetal de textura franca-franco-argilosa.** Aquesta terra vegetal ha de contenir un mínim de 20% d'argiles per mantenir la capacitat de retenció d'aigua, nutrients i l'intercanvi catiònic i entre 2-5% de matèria per garantir la retenció de nutrients i aigua i fomentar l'activitat microbiana del sòl.
- » **Hidrogel** no tòxic i no fitotòxic que actua com a agent adhesiu per establir el procés de la mescla i transport.



Detall de model de CU-sòl-estructural.
Font imatge: Urban Horticulture Institute Cornell University

Quan aquesta grava de granulometria petita es compacta, les pedres formen una estructura en gelosia que en estar en contacte entre elles permeten la creació d'una estructura de càrrega que permet mantenir un 40% de porositat.

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

La terra vegetal omple els buits que deixa l'estructura de graves. La terra vegetal no ha d'omplir excessivament la macroporositat generada per les graves ja que podria comprometre l'aeració del sistema i la seva capacitat portant.

L'hidrogel permet que les graves i la terra es barregin uniformement i evita la separació dels materials per la vibració durant el transport, l'abocament i el treball de la barreja.

Cal destacar que aquest model conté menys percentatge (20% del volum total) de sòl útil per als arbres, però és més resistent a les càrregues que un sòl argilós ja que no és deformable.

5.4 Stockholm

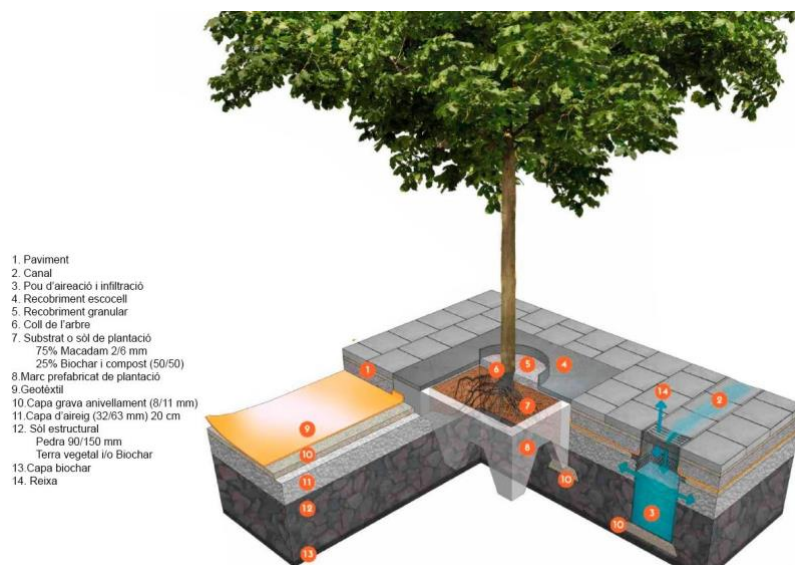
El model de sòl estructural Stockholm és un medi de cultiu a base de pedra i terra vegetal amb biocarbó enriquit que pot suportar el trànsit de vianants i vehicles. El seu ús permet estendre el volum explorable de les arrels dels arbres per sota d'una superfície dura.

Una de les altres funcions principals d'aquest sistema és el control de l'escorrentia superficial amb la intercepció, emmagatzematge de l'aigua de pluja i la filtració de contaminants.

El model Stockholm consta de pedres de 90/150 mm amb terra vegetal i biocarbó. La terra vegetal i el biocarbó és afegit després de compactar una capa de pedra i s'infiltra o s'introdueix a les cavitats amb un fort raig d'aigua. El sòl vegetal ha de contenir menys del 2% en pes de material orgànic i un contingut d'argila de 4-8%.

Per a la majoria de les instal·lacions, s'utilitza roca triturada de 90/150 mm com a sòl estructural i, com que ha de suportar càrregues pesades, ha de ser una roca dura com ara granit triturat, basalt o pedra calcària.

Actualment, els millors resultats s'estan aconseguint amb roca triturada combinada amb una barreja 1:1 de biocarbó enriquit i compost (15% de volum) Font: <https://stockholmtreepits.co.uk>.



Model Stockholm, Font imatge: <https://stockholmtreepits.co.uk>

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

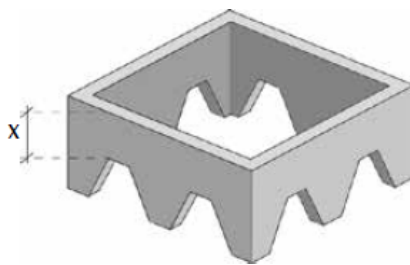
Hi ha un nombre creixent d'investigacions per donar suport a l'ús del biocarbó com a matriu estructural. Això permet augmentar la qualitat del sòl i el creixement dels arbres. Per tant, en aquests casos el sòl estructural està compost per 85% de macadam de biocarbó 32/90 mm i un 15% biocarbó i compost (50/50).

El biocarbó es produeix mitjançant piròlisi (combustió entre 350 i 800 amb exclusió parcial d'oxigen). El material resultant és durador i té una gran capacitat de retenció d'aigua i nutrients.

Un altre avantatge de l'estructura amb biocarbó és que proporciona microhàbitats per als organismes del sòl. Per a aquesta aplicació és important que s'utilitzi biocarbó enriquit.

El model Stockholm ha dissenyat un model constructiu complet de plantació d'arbres que incorpora elements que afavoreixen el creixement de les arrels en profunditat i milloren l'aeració i la captació d'aigua de pluja.

Per exemple, el model prescriu un marc prefabricat de plantació de formigó que es col·loca al voltant del pa de terra que força les arrels a créixer en profunditat.



També recomana emprar pous d'aireig que afavoreixin l'entrada d'aire i aigua al sistema i que han estat dissenyats per retenir fins i deialles arrossegades per l'aigua. El pou d'aireig ha d'estar perforat a la mateixa alçada que la capa d'aireig. Vegeu el punt 6.4.4.

També recomana una subbase de grava sota el paviment previst i sobre el sòl estructural amb pedra neta de 200 mm (20-40 mm). Aquesta capa permet la circulació d'aire i aigua per tota la fossa de plantació amb sòl estructural des dels pous d'aireig i evita la proliferació d'arrels just a sota dels paviments. Vegeu el punt 4.1.1.

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

6 Definició tècnica d'un sòl estructural tipus per Parcs i Jardins de Barcelona

6.1 Composició de la barreja

Parcs i Jardins considera més oportú que la composició de la barreja estigui formada per matèria estructural i terra.

6.1.1 Materialitat i sostenibilitat

» Matriu estructural

El material estructural més comú en aquest tipus de barreges és la pedra o grava/balast de cantera de granulometria uniforme, angular i compactable.

També es pot emprar com a matriu estructural de sòls estructurals altres materials d'origen reciclat com per exemple ceràmica triturada o formigó net triturat. Es recomana treballar amb materials d'origen natural o bé reciclat de proximitat.

En el cas de les pedres i graves d'origen natural, es recomana treballar amb balast triturat i garbellat d'origen granític o bé calcari. És important que les graves i balast siguin amb arestes vives, rentades i lliures de fins (argiles, margues...). Les graves o balast d'origen granítics són més estables al llarg del temps i no varien les condicions químiques ni físiques de la barreja. La pedra d'origen calcari pot modificar el pH de la barreja.

El material ceràmic millora la capacitat de retenció d'aigua però no té tanta capacitat portant. Es pot emprar en certes condicions on les càrregues previstes ho permetin. Normalment s'ha de treballar amb maó triturat perforat o alleugerit amb fraccions granulomètriques d'entre 20-50 mm, fins a un màxim de 70 mm sempre que el maó d'origen presenti un percentatge mínim de perforacions del 40%, segons UNE-EN 771-1 i que pugui suportar el procés de compactació sense descompondre's.

En l'ús d'àrids de triturats ceràmics i de formigó, aquests han de ser seleccionats, nets i amb percentatges baixos de residus no desitjats com, per exemple, el guix, la pintura o el ciment, que pot arribar a alterar les condicions de la barreja.

Cal destacar que és complicat trobar material reciclat net i adequat i l'ús d'aquest material està en fase d'estudi i assaig.

» Terra vegetal

La terra vegetal és la part de la barreja que aprofitarà el sistema radical dels arbres per créixer. Part dels buits d'una barreja de sòl estructural s'ha d'omplir amb terra vegetal amb unes característiques adequades per suportar les necessitats fisiològiques dels arbres.

Es recomana estudiar la possibilitat de treballar amb terres vegetals de lloc esmenades. Això permet mantenir en la barreja part dels microorganismes presents al sòl existent i obtenir una barreja més enriquidora i amb menys dificultats d'implantació pels arbres.

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

La terra vegetal ha de tenir la capacitat de retenir aigua i nutrients pels arbres i ha de donar una certa estabilitat i cohesió a la barreja; per tant, és necessari que tingui més d'un 20% d'argiles i entre un 5-10% de matèria orgànica.

La terra vegetal hauria de complir amb uns nivells de qualitat alta segons normativa NTJ-05T Terres de Jardineria i enceballs.

- » Textura: franca/franco-argilosa, ajustat al sistema de sòls USDA.
 - 20-45% de sorra
 - 20%-50% de llims
 - 30-40% d'argila
- » Sense material d'una granulometria superior a 5 mm
- » pH: d'entre 6,5 a 8
- » Conductivitat elèctrica com a màxim de 2 dS/m (extracte de pasta saturada)
- » Carbonat càlcic inferior a 10% pes sec
- » Matèria orgànica oxidable entre 5-10%. Pes sec. La salinitat mesurada com a Cee (conductivitat elèctrica a l'extracte) de saturació inferior a 4 dS/cm.

Si no es pogués assolir els nivells de qualitat desitjables amb esmenes, s'hauria d'emprar una terra de jardineria amb els nivells de qualitat descrits anteriorment o segons normativa NTJ.

6.1.2 Granulometria

La granulometria de la part sòlida i estructural ha de ser homogènia, i de fraccions granulomètriques proporcionals entre si per maximitzar la seva capacitat portant.

La mida de l'àrid pot variar d'acord amb les necessitats del projecte però ha d'oferir unes prestacions iguals o superiors en termes de compactació i estabilitat que d'una grava granítica de granulometria 20-40 mm.

Per exemple, les graves poden ser de 20-40 mm, o bé de 32-63 mm, 90-150 mm, 60-120 mm, etc., depenent del model. En la sorra per barreges tipus terra Amsterdam, l'àrid no pot ser superior a 10 mm.

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

6.2 Preparació de la barreja

La barreja de sòl estructural es pot executar in situ o bé en una planta processadora.

6.2.1 In situ

Per a la preparació de la barreja in situ, es pot fer de dues formes diferents. La barreja amb motes planes o bé la introducció de la terra vegetal amb aigua a pressió sobre la matriu estructural prèviament compactada.

La primera, i més habitual, és treballar amb maquinària convencional com ara retroexcavadora mixta i miniexcavadora que barregin motes planes i no piles. Aquesta tècnica es pot fer tant a dins com a fora de l'àrea d'aplicació. Aquesta tècnica es recomana per a barreges amb àrids de granulometria petita (< 40 mm), per exemple, model terra Amsterdam, MTP i CU-sòl-estructural.

Els àrids, les terres i l'hidrogel juntament amb altres esmenes necessàries s'estendran en motes planes de màxim 30 cm i el procediment és el següent.

- » Estendre el 50% del material estructural.
- » Afegir la terra vegetal i l'hidrogel a raó de 0,8 kg/m³ i altres esmenes, biocarbó, compost, etc.
- » Aportar la resta del material estructural.
- » Barrejar els materials mentre s'afegeix aigua lentament per obtenir una tongada consistent i homogènia.
- » Seguidament s'ha d'incorporar i compactar la barreja.

L'altre consisteix a reblir l'àmbit d'aplicació només amb la matriu estructural, graves o balast, en tongades de 25 cm, compactar-les i incorporar una fina capa de 2 cm de terra vegetal i introduir-les dins les cavitats de la matriu estructural amb la força d'un raig d'aigua a pressió. Es recomana emprar aquest sistema en barreges de sòls estructurals de granulometria gran, per exemple, en model Stockholm.

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

6.2.2 Planta processadora

Algunes barreges de sòls estructurals es poden realitzar en planta processadora.

Les cases comercials han realitzat els seus assajos de compactació que garanteixen els nivells de compactació requerits.

COMPOSICIÓ

El suelo estructural **BSS-60/120** està preparat a base de:

-grava de basalto de tamaño grueso (60 - 120 mm)

-sustrato vegetal enriquecido en materia orgánica.

CARACTERÍSTICAS

Características Agronómicas

El **BSS-60/120** es un producto de elevada macro-porosidad que permite un mayor desarrollo del sistema radicular en plantaciones de árboles en zonas pavimentadas debido a una mayor capacidad de oxigenación (aireación) del medio de cultivo que favorece la proliferación de raíces más profundas.

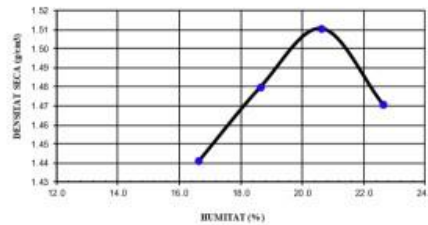
El sustrato que incorpora el **BSS-60/120** está elaborado a partir de la mezcla de mantillo vegetal, tierra natural franca y arena procedente de granito (sauló).

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
HUMEDAD *	% s.m.f.	< 15
CONDUCTIVIDAD * ELÉCTRICA	mS/m	80 - 130
pH*	-	7,5 - 8,5
MATERIA ORGÁNICA *	% s.m.s.	5 - 10
DENSIDAD APARENTE HUMEDA	Kg/m3	1200 - 1500
MACROPOROSIDAD	% v/v	35 - 40

*Valores de análisis correspondientes al sustrato vegetal.

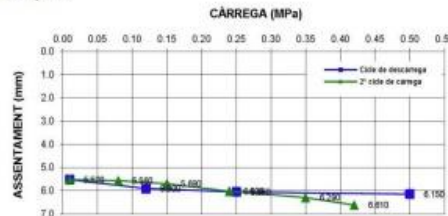
Características Geotécnicas

Ensayo de compactación. Próctor Modificado. UNE-EN 103501:1994 o UNE-EN13286-2 :2011/AC:2012.



DENSITAT MÀXIMA	1.51	g/cm³
HUMITAT ÒPTIMA	20.5	%

Ensayo de carga con placa ø 300 mm, según NLT 357/98.



Fitxa tècnica de sòl estructural processat en planta. Font Burés

Cal destacar que s'ha de tenir en compte que durant el transport de la barreja es pot produir sedimentació i que és necessari homogeneïtzar de nou la barreja in situ abans d'aplicar-la.

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

6.3 Volum de sòl per arbrat urbà

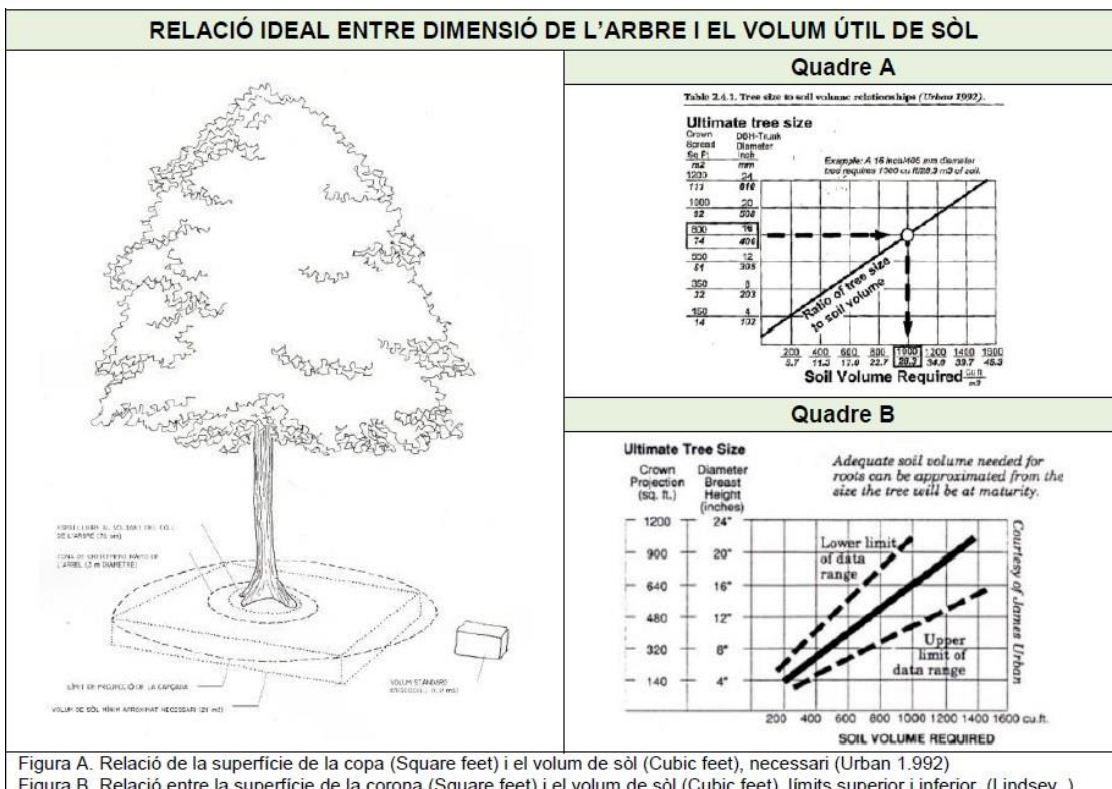
6.3.1 Volum de sòl útil en jardí

Tot sistema radicular pot sobreviure si té prou espai subterrani perquè es desenvolupin les seves funcions vitals. Un volum de sòl adequat permet un millor creixement de l'arbre en un entorn urbà. En canvi, un volum de terra insuficient pot disminuir el potencial de l'arbre, ja que en limita el creixement i en disminueix les perspectives de futur.

Els arbres petits i de curta durada no proporcionen beneficis ecosistèmics significatius i tampoc contribueixen a obtenir una bona coberta arbòria.

Alguns autors suggereixen que almenys es necessiten 2 m³ de terra per cada m² de projecció de capçada (font: Lindsey i Bassuk, 1992).

Altres (Urban, 1992) estableixen una relació entre la mida esperada de l'arbre i el volum de sòl útil necessari.

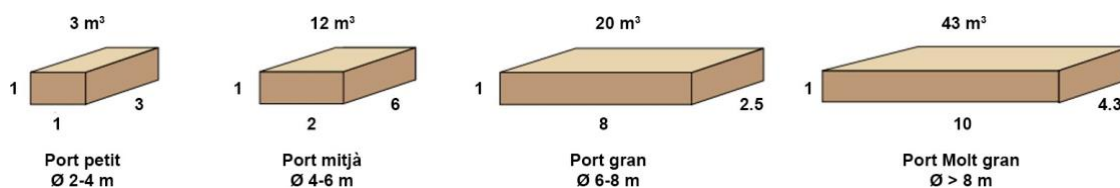


Relació ideal entre dimensió de l'arbre i el volum útil de sòl. Font: IMPIJ

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

Si es parla de plantacions en àrees pavimentades, no es pot esperar que millorant el petit volum de sòl que pot contenir l'escocell podrem gaudir dels beneficis d'una gran capçada. Per tant, es recomana treballar un volum de sòl equivalent al necessari per al seu bon desenvolupament; per tant, s'estima els següents volums de sòl:

Port	Diàmetre de capçada	Volum de sòl	Volum recomanable
Petit	Ø 2-4 m (Ø4)	3-6 m ³	3 m ³
Mitjà	Ø 4-6 m (Ø6)	6-12 m ³	12 m ³
Gran	Ø 6-8 m (Ø8)	12-24 m ³	20 m ³
Molt gran	Ø > 8 m (Ø12)	≥ 24 m ³	43 m ³

Taula. Volum de sòl útil teòric

Volum de sòl respecte a la capçada de l'arbre
6.3.2 Volum de sòl estructural

El volum de sòl útil per als arbres d'un sòl estructural no supera el 25%; per tant, amb sòl estructural s'han de preveure volums més grans.

Així, a l'hora d'emprar sòl estructural hem d'assegurar-nos que l'arbre que volem plantar tingui prou sòl útil que li permeti assolir un grau de maduresa que aporti beneficis a la ciutadania.

El sòl estructural recomanat per a arbres de diferents mides és el següent:

Diàmetre de capçada	Port	Volum recomanable	Volum de sòl compartit*	Volum de sòl útil per a les arrels**
Ø 2-4 m	Petit	15 m ³	12 m ³	4,3 m ³
Ø 4-6 m	Mitjà	26 m ³	20 m ³	7,5 m ³
Ø 6-8 m	Gran	36 m ³	28 m ³	10,4 m ³
Ø > 8 m	Molt gran	45 m ³	35 m ³	13,4 m ³

Volum de sòl estructural Font: <https://stockholmtreepits.co.uk/>

*El desenvolupament potencial del sistema radicular d'un arbre es veu significativament incrementat si el volum de sòl disponible no es troba limitat a un recipient individual. La connexió del subsol de diversos arbres o amb altres àrees de plantació suposen un increment de volum superior a la suma dels volums.

**Inclou el volum de sòl del clot de plantació (petit, 0,64 m³; mitjà, 1 m³; gran, 1,44 m³; molt gran, 2,25 m³). Font Plec IMPJB.

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

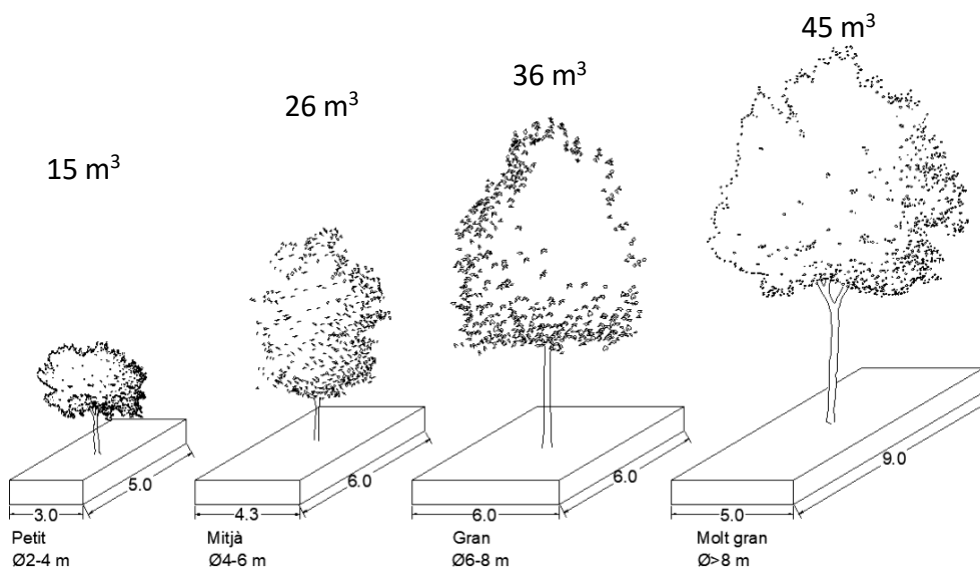
6.3.3 Dimensionat

Profunditat: es requereix una profunditat mínima de 60 cm, però és preferible un mínim de 90 cm de capa de sòl estructural. En zones sense paviment, prats, es recomana una profunditat mínima de 30 cm.

Longitud i amplada: no hi ha un mínim establert ja que va en funció del volum de sòl necessari. Vegeu el punt 6.3.2.

Es pot establir, per exemple, la següent relació de mides aproximades.

Diàmetre de capçada	Port	Volum recomanable	Mides	Mides en franja
Ø 2-4 m	Petit	15 m ³	3 m x 5 m	2 m x 7,5 m
Ø 4-6 m	Mitjà	26 m ³	4,3 m x 6 m	2,5 m x 10 m
Ø 6-8 m	Gran	36 m ³	6 m x 6 m	3 m x 12 m
Ø > 8 m	Molt gran	45 m ³	5 m x 9 m	4 m x 12 m



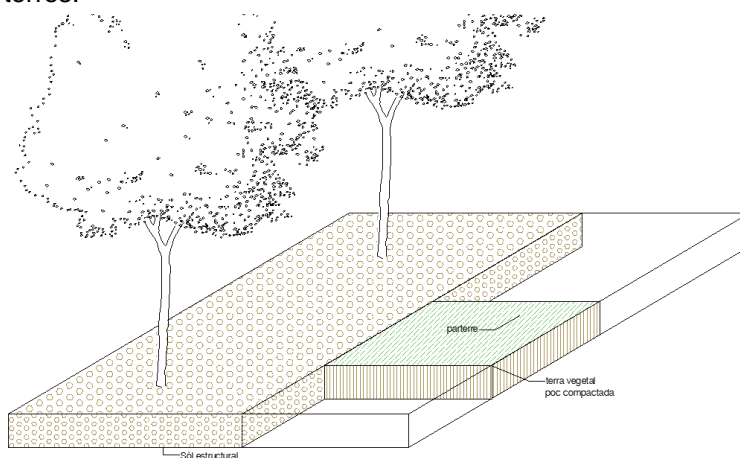
Esquema de dimensions de volum de sòl estructural

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

6.3.4 Connexions

Un recurs per incrementar el volum de sòl útil per als arbres és connectar les fosses de plantació de sòl estructural entre diversos exemplars o bé connectar amb parterres i/o altres zones plantades.

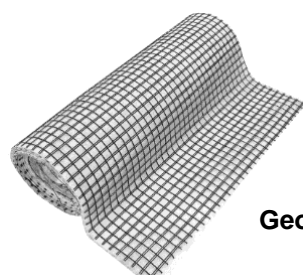
En aquest últim cas és important aplicar les tongades de sòl estructural en paral·lel a les tongades de sòl vegetal dels parterres.



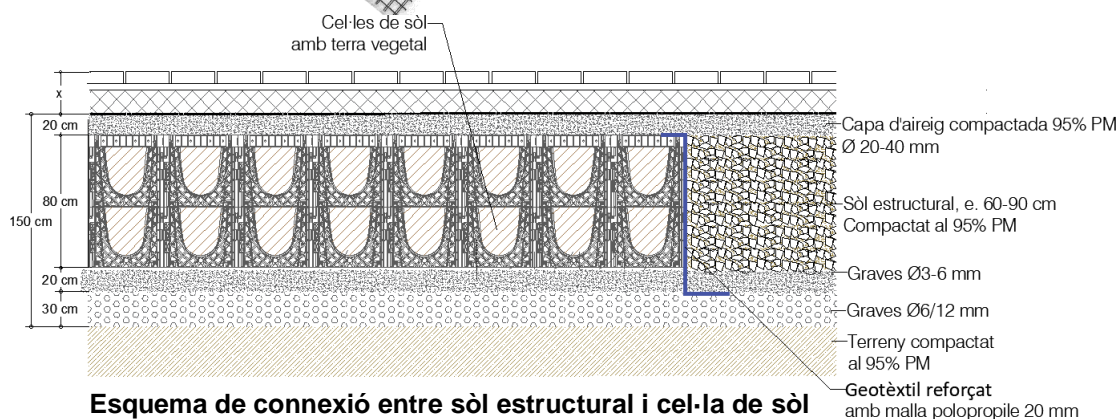
Esquema de connexions

Una altra opció és emprar un sistema mixt de sòl estructural que connecti fosses de plantació de sòl estructural amb fosses de cel·les de sòl o cel·les estructurals, vegeu el punt 7.

En aquest cas és important separar els dos sistemes amb un geotèxtil reforçat amb malla de polipropilè.



Geotèxtil reforçat separació entre sistemes



Esquema de connexió entre sòl estructural i cel·la de sòl

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

6.4 Preparació del terreny

6.4.1 Anàlisi del sòl preexistent (sostenibilitat i infiltració)

Abans de l'inici dels treballs s'han de realitzar unes cales en l'horitzó del terreny natural sota la capa de sòl estructural. L'objectiu d'aquestes cales és conèixer el tipus de sòl existent, la plasticitat, la capacitat de compactació i d'infiltració. Les proves d'infiltració s'han de realitzar amb el sòl compactat.

L'assaig d'infiltració s'ha de realitzar in situ i es basa en l'estàndard britànic BRE Digest 365, "Soakaway Design" revisat el 2016, vegeu l'annex 3 de la Guia tècnica per al disseny de sistemes de drenatge urbà sostenible SUDS, edició abril de 2020.

L'assaig es realitza a l'interior d'excavacions en sòls secs o semisaturats, en llocs proposats per a la construcció del sòl estructural. El lloc on es realitzi l'assaig ha d'estar adequadament preparat. Les dimensions de l'excavació dependran de cada situació en particular.

Un cop realitzada l'excavació es procedirà a fer l'assaig, que consistirà en l'ompliment amb aigua (fins a 1 m) i el mesurament dels temps d'infiltració fins al buidatge. L'assaig es farà tres vegades, preferentment el mateix dia i com a resultat de l'assaig es prendrà el valor menor dels tres obtinguts.

Una variant d'aquest tipus d'assaig és el mètode de Haefeli o mètode de l'artesa. vegeu l'annex 3 de la Guia tècnica per al disseny de sistemes de drenatge urbà sostenible SUDS, edició abril de 2020.

També s'han de realitzar unes analítiques del sòl vegetal existent per definir les esmenes necessàries per emprar-lo com a terra vegetal per la barreja de sòl estructural.

Es recomana l'anàlisi i estudi de les característiques fisicoquímiques i edafològiques essencials que permeten valorar la qualitat del sòl existent i la millora d'aquest segons paràmetres de qualitat alta i mitjana previstos a la NTJ 02 i de la NTJ 05T i el Plec de prescripcions tècniques per al disseny, l'execució i la recepció d'espais verds. Parcs i Jardins, Institut Municipal de Barcelona, 2020.

Amb la informació de l'analítica dels sòls i d'acord amb els requeriments de les terres per a la plantació, caldrà decidir si cal fer esmenes i de quin tipus.

Si no fos possible aprofitar i esmenar el sòl existent, també s'haurà de realitzar l'analítica de la terra vegetal que s'utilitzarà per a la barreja.

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

6.4.2 Preparació del terreny

Un sòl estructural, en ser compactat, transmet aquestes forces de compressió a les capes de subsòl que el suporta. Per tant, el llit de l'excavació o bé l'esplanada sobre el qual s'ha d'aplicar el sòl estructural ha d'estar compactat al mateix nivell requerit que la del sòl estructural i de les bases i subbases dels paviments, 95% Pròctor Modificat.

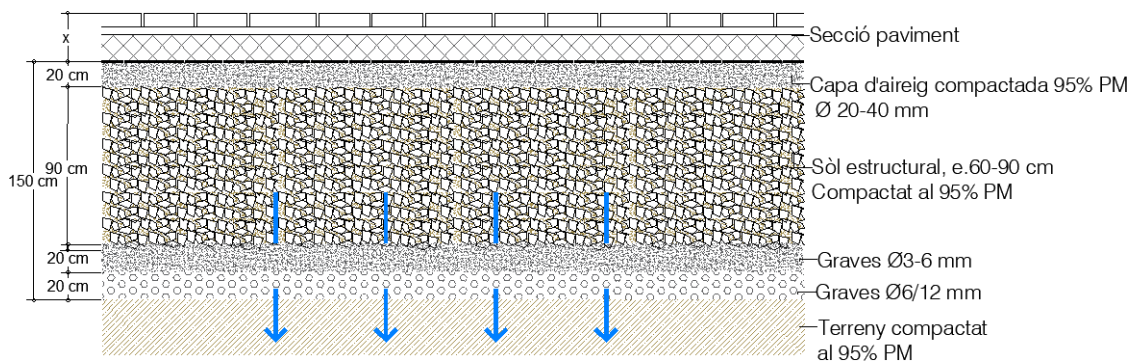
S'ha de preveure els pendents del terreny paral·lels a la rasant de l'acabat o bé cap als sistemes de drenatge previstos.

Abans d'aplicar el sistema de sòls estructurals és necessari que estigui en funcionament el sistema de drenatge previst. Totes les canalitzacions dels serveis han d'estar degudament protegides. Altres fonamentacions, com, per exemple, els daus de formigó de les lluminàries que vagin instal·lades en sòl estructural, s'han de construir a posteriori.

6.4.3 Drenatge

S'ha de garantir l'evacuació d'aigües per evitar problemes d'asfíxia i podridura radical. Convé preveure la instal·lació d'un sistema de drenatge per sota del sòl estructural.

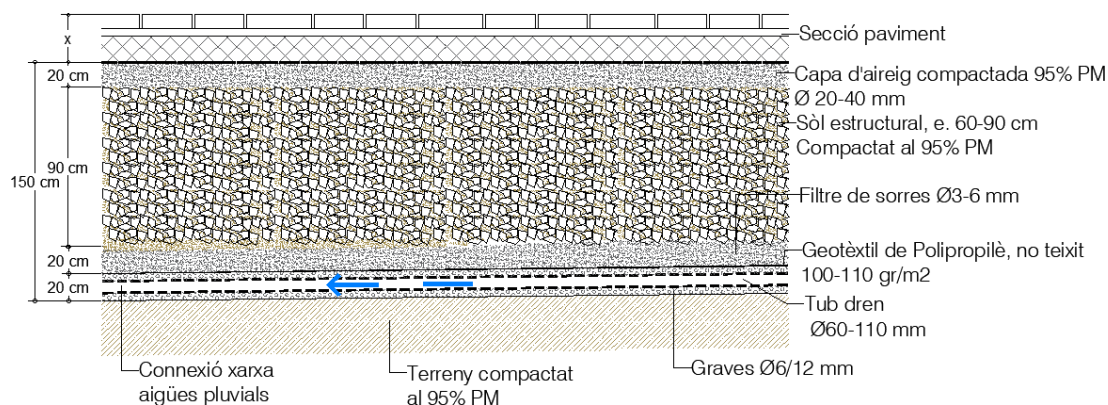
Aquest sistema pot estar format per un llit de graves de 20 cm de gruix amb graves 6/12 mm i una capa de 20 cm de filtre de sorres de 3/6 mm.



Esquema de drenatge directe amb gradient de graves

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

En casos amb baixa capacitat d'infiltració natural (coeficient < 10-6m/s segons estàndard BRE Digest 365, 'Soakaway Design' Revised 2016) i possible accés a la xarxa de sanejament, es pot col·locar un tub dren al fons de la rasa embolcallat amb un geotèxtil i 20 cm de graves netes i protegit per un filtre de 20 cm de sorres de 3/6 mm.

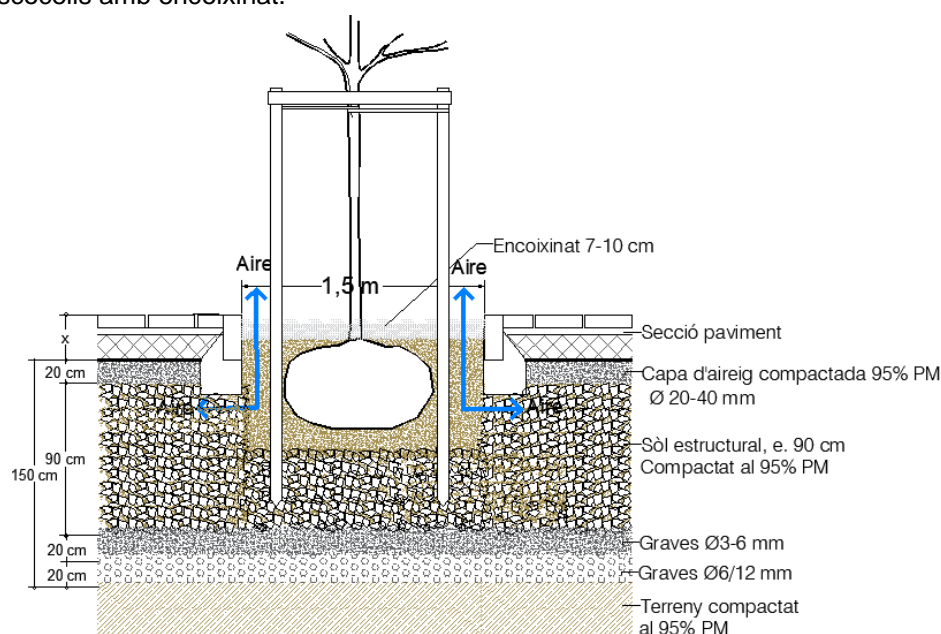


Esquema de drenatge directe amb tub dren i filtre de sorres

6.4.4 Aeració

S'ha de garantir l'entrada d'aire a les capes de sòl estructural per assegurar la presència d'oxigen per al creixement radicular.

En volums de sòl estructural petits (< 15 m³), els escocells poden ser bons embornals d'aire. Es proposa reblir els escocells amb encoixinat.



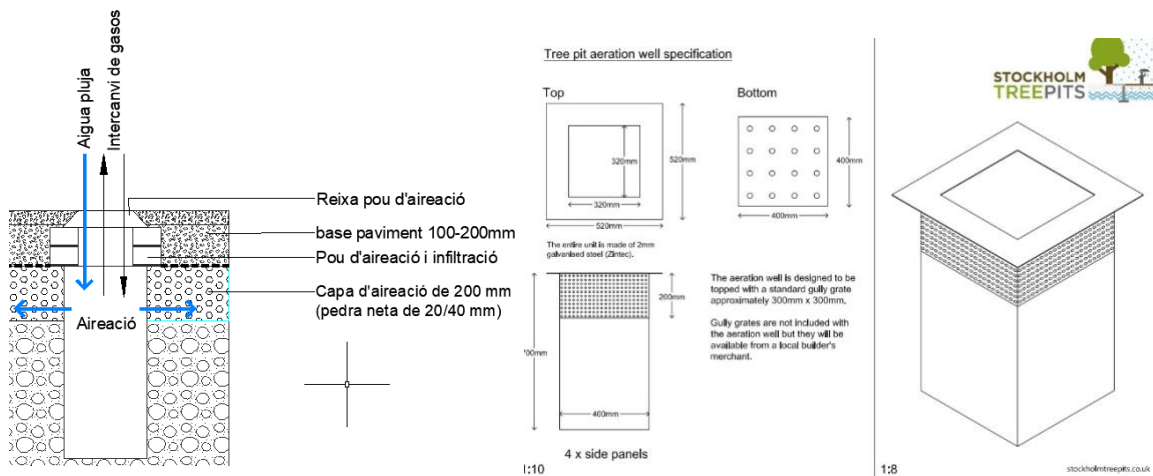
Esquema d'aeració des de l'escocell

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

Quan els volums de sòl estructural són més grans (> 15 m³), és necessari instal·lar altres sistemes per forçar l'entrada i circulació d'aire.

Per exemple, a partir de pous d'aireig perforats i registrables. En volums d'entre 15 a 36 m³ es recomana un pou d'aireig. Per a arbres plantats en un volum de sòl estructural > 36 m³ es recomana 2 pous d'aireig.

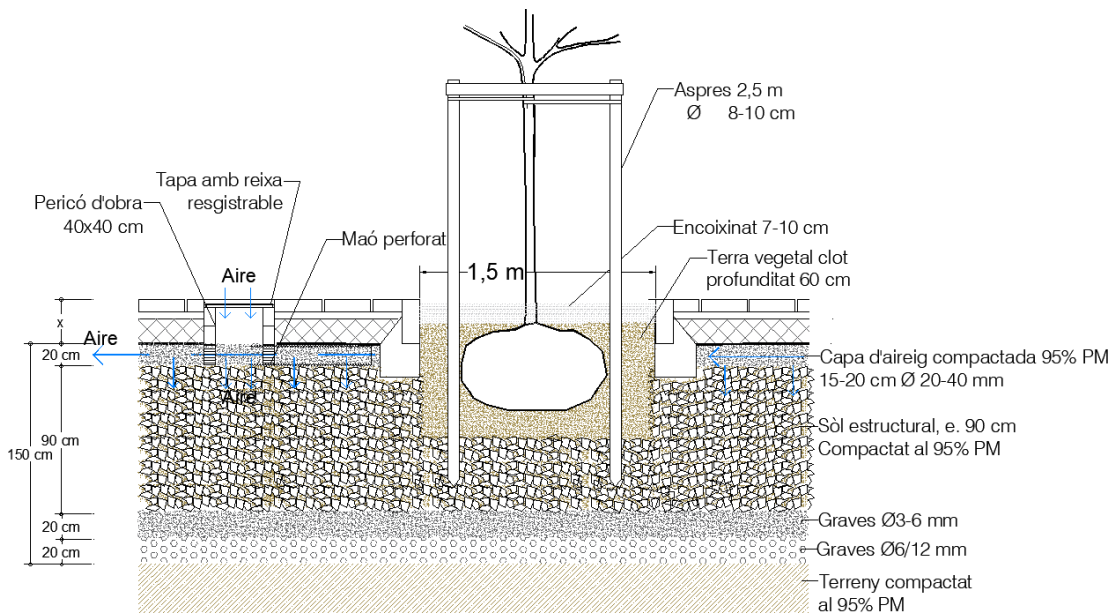
És recomanable que la secció perforada de la caixa d'aireig estigui en contacte directe amb la capa de sòl estructural i, per anar bé, amb la capa d'aireig sobre aquest.



Exemple de pou d'aireig. Font imatge exemple: <https://stockholmtrepits.co.uk/>

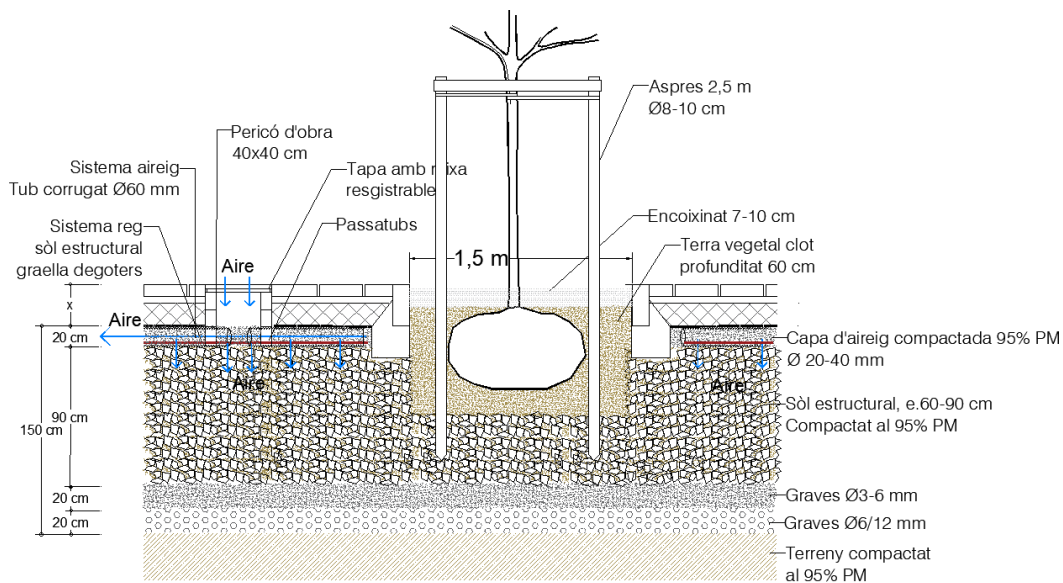
**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

Ahora, aquests pous d'aireig actuen com a embornals d'aigua per captar i retenir part de l'escorrentia superficial.



Pericó d'obra per l'aireig

Es pot també emprar una graella de tubs corrugats i perforats de màxim d. 60 mm col·locats o bé en les capes superficials de sòl estructural o en la capa d'aireig. Es pot aprofitar aquesta graella de tubs per instal·lar un sistema de reg gota a gota que humitegi el sòl estructural sota el paviment.



Sistema d'aeració de sòl estructural amb tub corrugat

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

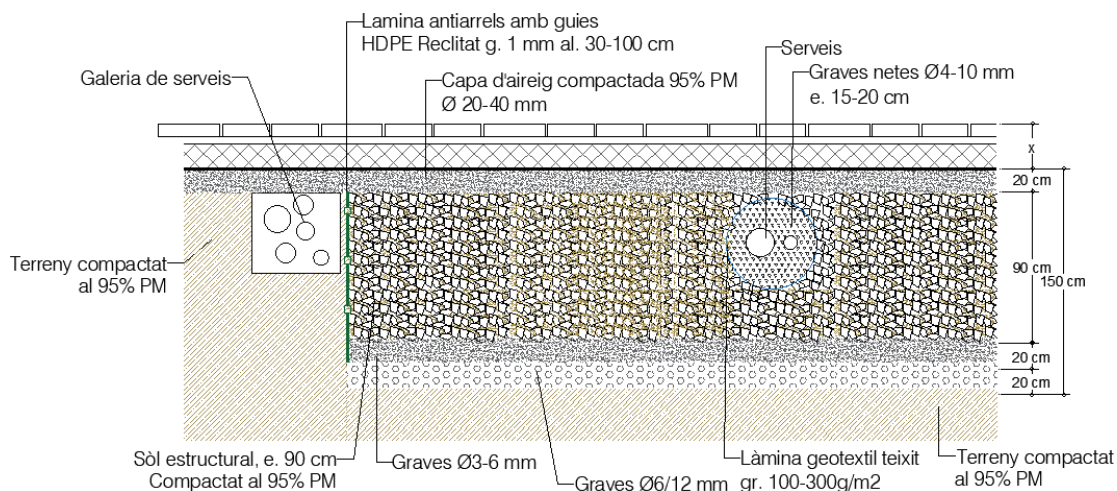
En l'espai públic de Barcelona és necessari que aquests elements d'aireig siguin accessibles, de fàcil manteniment i antivandàlics.

6.4.5 Integració amb els serveis i fonamentacions

Un dels avantatges que té el sòl estructural respecte a d'altres sistemes és que és molt adaptable al terreny i pot integrar, si fos necessari, moltes de les canalitzacions dels serveis existents o previstos en el projecte, sempre que estiguin degudament protegits.

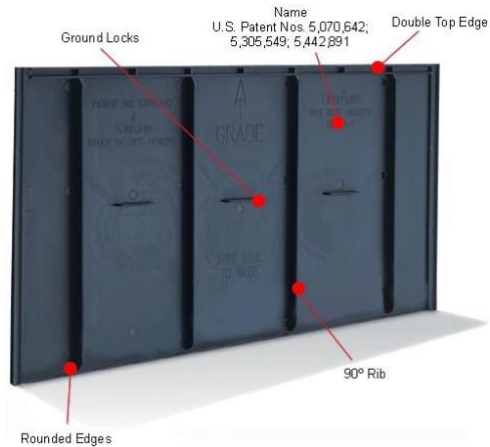
Quan els serveis es troben dins de la fossa de plantació amb sòl estructural, és necessari protegir-los amb un geotèxtil i una capa de graves netes de granulometria 4-10 mm.

Es recomana l'ús de làmines de polietilè per protegir els serveis i fonamentacions laterals. Es pot emprar una làmina de polietilè d'1 mm de gruix prou rígida per mantenir la seva forma quan és col·locada en una trinxera i en terrenys inestables. És important realitzar una bona instal·lació per reforçar la contenció amb les terres adjacents i preferiblement es recomana l'ús de làmines amb guies per a les arrels.

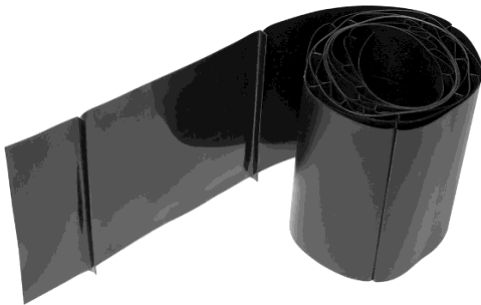


Sistemes de protecció de serveis

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal



Exemple de barrera antiarrels. Font imatge exemple: GreenBlue Urban



Exemple de barrera antiarrels Font imatge exemple: GreenBlue Urban

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

6.5 Instal·lació de sòls estructurals

6.5.1 En obra nova

Totes les àrees on s'ha d'aplicar sòl estructural han de ser inspeccionades abans de començar els treballs per poder detectar tots els defectes, com ara la compactació excessiva (mesurat amb penetròmetre de sòls > 300 PSI o 18 bar) i un drenatge inadequat (coeficient < 10-6m/s segons estàndard BRE Digest 365, 'Soakaway Design' Revised 2016), i s'han d'informar abans de començar els treballs.

El sòl estructural s'ha d'aplicar en tongades de 20-30 cm. S'ha de compactar cada tongada immediatament després d'estendre'l fins a obtenir el valor desitjat.

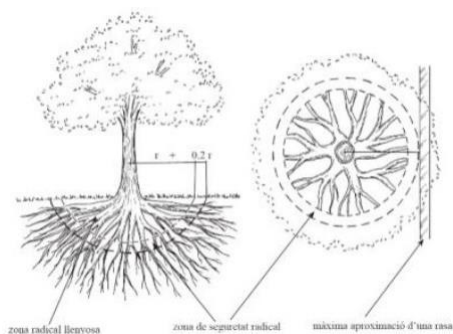
Un cop arribat al nivell definit en el projecte, s'ha de determinar la compactació mitjançant assaig de placa de càrrega DIN 18196.

Per acabar, s'ha d'incorporar la capa d'aireig, si és prescrita, i s'ha de protegir amb plàstic o planxes de fusta fins al moment que s'iniciïn els treballs de pavimentació per evitar així la contaminació per materials tòxics, escombraries, deixalles o altres materials que puguin alterar l'homogeneïtat de la barreja.

6.5.2 En obra amb arbrat existent

En la reforma d'espais pavimentats amb arbrat existent, és una gran oportunitat per millorar i ampliar el volum de sòl útil dels arbres. Es pot emprar sòl estructural com a base dels futurs paviments, connectant els arbres en el nivell radicular o amb altres àrees plantades, i augmentar, així, el volum de sòl útil i les condicions de vida d'aquests arbres.

La fossa de sòl estructural amb arbrat existent s'ha de segregar una distància de seguretat de l'eix de l'arbre per tal d'evitar malmetre greument les arrels en el procediment.

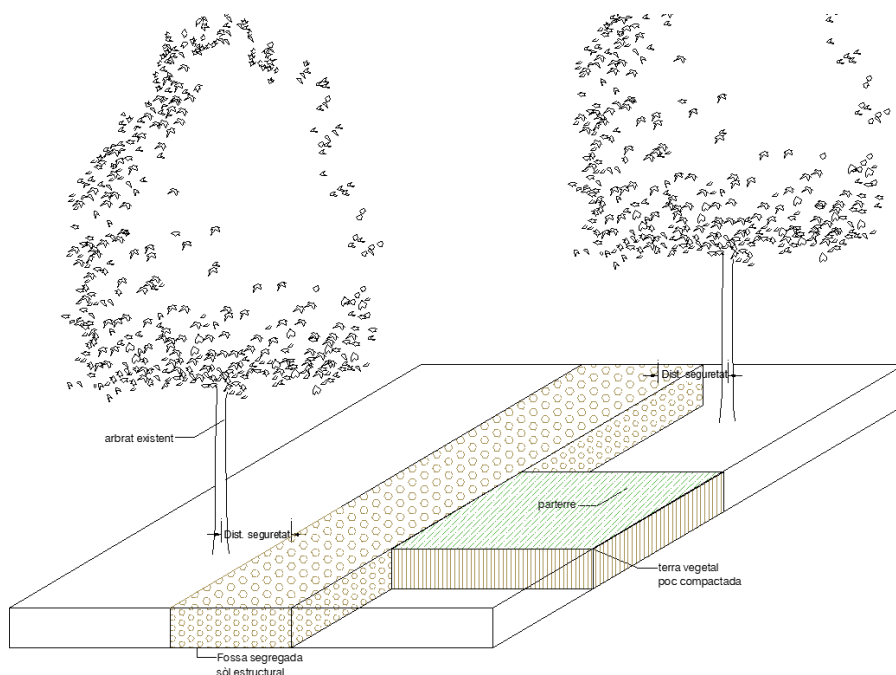


Perímetre del tronc	Abast orientatiu del radi de la zona radical llenyosa (latifolis i coníferes)
< 60 cm	1,5 m
de 60 a 100 cm	2 m
de 100 a 150 cm	2,5 m
de 150 a 250 cm	3 m
de 250 a 350 cm	3,5 m
> 350 cm	4 m

Esquema de zona de seguretat radical. Font: NTJ 03 E

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

No es pot intervenir en la zona radical de seguretat, que correspon al radi de la zona de seguretat radical llenyosa, calculada a partir del perímetre del tronc (veure esquema superior). En aquesta àrea no estarà permesa l'obertura de rases ni altre excavacions per tal d'assegurar-hi l'estabilitat futura de l'arbrat.



Esquema de fossa amb sòl estructural segregada de l'arbrat existent.

Es recomana que abans d'iniciar els treballs de demolició i neteja dels paviments i les seves bases es realitzin unes cales de revisió i comprovació sobre a quina profunditat es troben les arrels dels arbres per establir així el millor sistema de demolició i neteja.

Qualsevol actuació d'aquest tipus s'ha de fer sota la guia d'un especialista en arboricultura.

S'ha de fer la demolició dels paviments i de les bases existents amb cura i procurant no malmetre greument el sistema radicular dels arbres. En el mercat hi ha diversos sistemes per procedir a la neteja del sistema radicular dels arbres de forma respectuosa i amb baixes afeccions radiculars. Per exemple, amb aigua a pressió, aire a pressió, camió aspirador o manual amb espàtula i pinzell. Aquest últim es recomana per a obres petites.

Un cop descobertes les arrels, s'han de mantenir cobertes i humides fins a l'aportació de sòl.

Es reblirà amb la barreja de sòl estructural amb tongades de màxim 15 cm i es compactarà només en la superfície aportada.

Els arbres s'han de mantenir ben regats durant i després de l'operació per compensar qualsevol possible dany a les arrels.

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

6.6 Plantació en sòls estructurals

6.6.1 Espècies testades en sòls estructurals

És important, com en qualsevol altra plantació d'arbres, escollir l'espècie que pugui suportar les condicions urbanes en les quals s'implantarà.

Es recomana plantar espècies tolerants a la sequera, degut al fet que el sòl estructural té una capacitat de retenció d'aigua disponible per als arbres d'entre el 7 al 12%. D'altra banda, l'origen del material triturat, granit, calcari, o d'altres àrids, pot influir en el pH de la barreja i s'ha de tenir en compte a l'hora de seleccionar les espècies. La majoria de sòls estructurals tenen tendència a tenir un pH alcalí > 7.

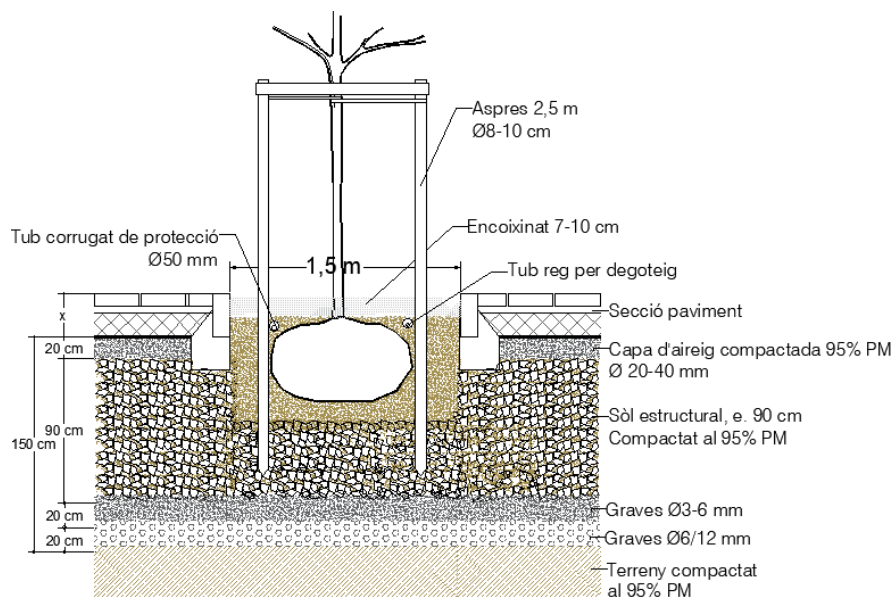
Per tant, és important seleccionar espècies tolerants a pH alcalins i a la sequera.

En SUDS i franges de drenatge i infiltració amb sòl estructural és necessari emprar espècies que resisteixin la sequera i tolerin l'entollament puntual del seu sistema radicular.

6.6.2 Plantació

El sistema de plantació és el convencional. Es recomana substituir el sòl estructural del clot de plantació per un sòl o substrat de plantació adequat per garantir una bona aportació d'aigua i nutrients durant el període d'implantació i que compleixi amb els criteris establerts en el Plec de prescripcions tècniques per al disseny, l'execució i la recepció d'espais verds. Parcs i Jardins, Institut Municipal de Barcelona, rev. 03/2021.

Es recomana deixar sota el pa de terra sòl estructural per evitar moviments i enfonsaments d'aquest.



Secció tipus plantació

En espais on el sòl existent és adequat, es pot esmenar per emprar-lo com a sòl de plantació.

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

6.7 Reg

Per garantir l'èxit de les plantacions, és necessari preveure un sistema de reg que permeti realitzar regs profunds, abundants i espaiats durant el període d'implantació i alhora en el de manteniment durant les èpoques desfavorables.

» Sistemes de reg

Bosses de reg d'alliberació lenta: és un sistema que proporciona regs lents i profunds als arbres, que aporta aigua al sòl durant un període de 5 a 9 hores seguides, sense escorrenties.



Exemple de bossa de reg d'alliberació lenta. Font imatge: Tregator®

Anell de degoteig: l'anell de degoteig serà obert amb 7 degotadors inserits a cada 30 cm de 3,5 l/h, i només amb permís explícit de PIJBIM es podrà utilitzar degotadors d'altres cabals, sempre que es respecti l'aportació de 25 l/h/arbre), i anirà protegit per un tub dren de 50 mm de diàmetre soterrat almenys 20 cm.

Inundadors en superfície: sistema de reg amb toveres amb inundadors en superfície de cabal elevats (0,9 l/min a 7,6 l/min). Estan dissenyats per realitzar un reg en profunditat i precís on cada arbre pot rebre la quantitat d'aigua requerida sense un excés d'escorrentia. Es recomana instal·lar-los amb un marc de plantació d'entre 0,6 a 1,2 m; per tant, mínim 2 inundadors per arbre, recomanable 4.



Exemple d'inundador amb tovera o equivalent. Font imatge exemple: Hunter Industries

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

Inundador en profunditat: aquest sistema permet incorporar l'aigua en profunditat des de l'inici del reg i els tubs perforats proporcionen una certa aeració del sòl.

Els inundadors aniran col·locats dins de tubs perforats dissenyats especialment per a aquesta funció, que facilitin la distribució de l'aigua a diferents nivells, de fins a 1 m de fondària, amb un diàmetre mínim d'exposició de 6 cm, amb tapa de protecció i registre de l'emissor també perforada a la part superior.

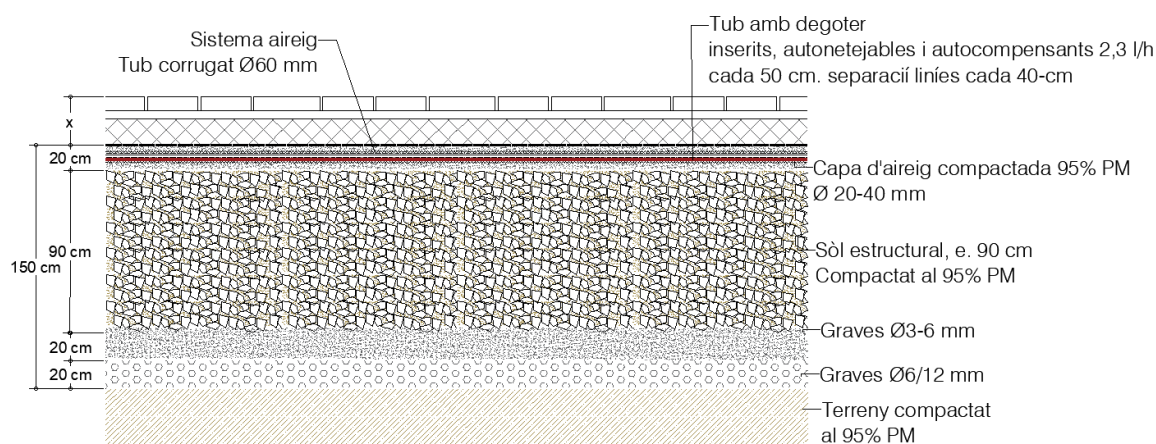
L'emissor donarà un cabal mínim de 50 l/h.



Exemple d'inundador en profunditat. Font imatge exemple: Hunter Industries

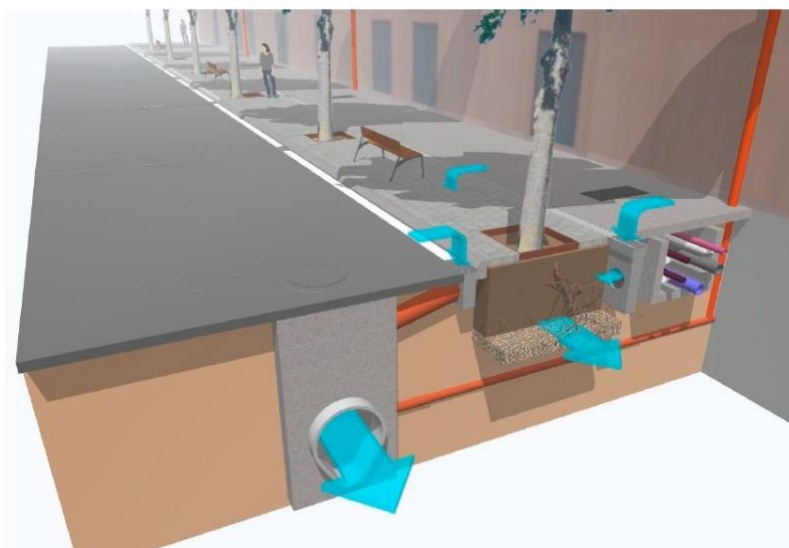
**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

Reg de la totalitat de la fossa de sòl estructural: També es pot preveure un sistema de reg de baix volum, per exemple, degoters, en la totalitat de superfície de la fossa de sòl estructural i sota paviment. Es poden col·locar entre la capa de paviment i el sòl estructural tubs corrugats i perforats, mínim Ø 60 mm, amb un tub de degoteig. Es crearà una xarxa secundària formada per un col·lector d'entrada i un altre de sortida de polietilè (PE). Entre els col·lectors es connectaran línies de canonada no superiors a 80 m de longitud amb degotadors autonetejables i autocompensants de 2,3 l/h, integrats cada 50 cm i una separació entre línies de 40 cm.



Sistema de reg de la fossa de sòl estructural

Reg a partir de sistemes d'infiltració: Es poden emprar sistemes urbans d'infiltració d'aigua a partir de pericons, canaletes subterrànies i reixes per recollir i infiltrar l'aigua d'escorrentia i aprofitar-la per regar la fossa de sòl estructural.



Secció ideal d'un carrer amb sòl estructural i sistemes d'infiltració

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

6.8 Testos i assajos

Tots els materials han de ser analitzats i assajats per laboratoris independents.

- » Analítiques de sòl vegetal i biocarbó
- » Assaig de compactació Pròctor modificat. UNE-EN 103501:1994 o UNE- EN 13286-2:2011/AC:2012
- » Assaig de càrrega amb placa Ø300 mm, segons NLT 357/98
- » Assaig amb placa de càrrega DIN 18196

7 Cel·les de sòl / cel·les estructurals

Un altre sistema per compatibilitzar un sòl útil per al desenvolupament de les arrels dels arbres i les exigències tècniques i portants dels paviments són les anomenades cel·les de sòl o cel·les estructurals. El sòl útil per als arbres és més gran amb aquest sistema que amb el sòl estructural.

Les cel·les de sòl són mòduls i estructures que poden contenir un sòl o terra de jardineria d'alta qualitat sense perdre resistència a la càrrega i alhora permetre el desenvolupament del sistema radicular dels arbres. Són elements més o menys modulars, altament resistents, que transfereixen la càrrega a les capes inferiors del subsòl sense alterar l'estructura del sòl de plantació o terra de jardineria.

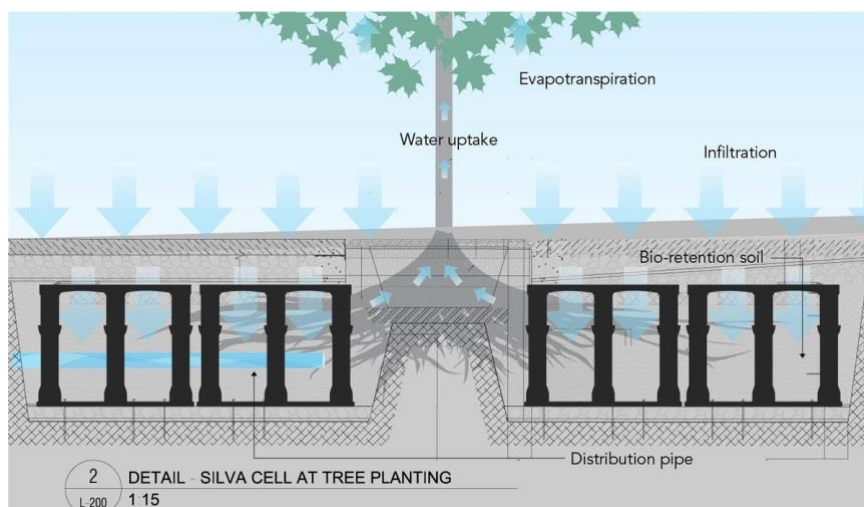


Exemple de model de cel·la de sòl. Font imatge exemple:
<https://greenblue.com/> o equivalent

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

Les cel·les poden contenir fins a un 95% de sòl útil per als arbres, a diferència dels sòls estructurals que només en proporcionen entre un 20-25%. En canvi, les cel·les de sòl són modulars i formen estructures rígides que s'adapten poc al terreny i a les preexistències.

Alhora, les cel·les de sòl són un sistema de suport de paviment modular que es pot dissenyar per permetre que l'espai sota paviment funcioni com un sistema de bioretenció.



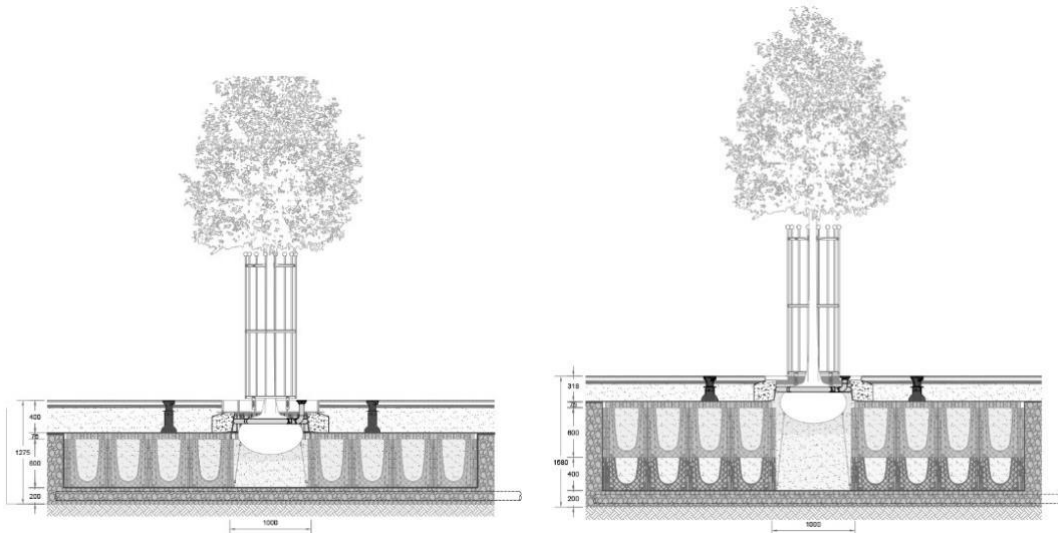
**Exemple de cel·les de sòl com a bioretenció.
Font imatge exemple: DeepRoot**

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

7.1 Especificacions tècniques

La majoria d'alternatives de cel·les de sòl que es troben en el mercat són a partir d'una estructura plàstica prefabricada a partir de columnes, gelosies i bigues que actuen com un paviment suspès que transfereix directament la càrrega al terreny existent per sota l'estructura i alhora permet contenir un sòl vegetal solt i d'alta qualitat.

Els mòduls de cel·les de sòl són de diferents mides i volums definits. Alhora són apilables, cosa que permet duplicar els volums de sòl amb la mateixa superfície.



Exemple de col·locació de cel·les de sòl. Font imatge exemple: GreenBlue Urban

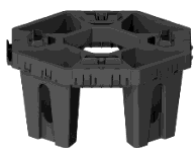
El volum de sòl i les dimensions de les matrius de cel·les de sòl han de complir amb els criteris establerts en el punt 6.3.1.

És essencial per a l'èxit de les plantacions garantir l'aireig i drenatge del sistema, vegeu els punts 4.1.1 i 6.4.3.

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

7.1.1 Models i alternatives

Actualment en el mercat hi ha diversos models de cel·les de sòl i, a continuació, se'n descriuen els principals:



Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal



Una alternativa per assajar a fi de reproduir aquest tipus de sistema seria emprar les galeries de serveis prefabricades de formigó i adaptar-les per a aquesta funció.



Galeria de serveis prefabricada

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

7.2 Instal·lació

L'execució dels sistemes amb matriu de cel·les de sòl es farà d'acord amb les prescripcions tècniques de cada proveïdor.

S'ha d'excavar la profunditat necessària per contenir la matriu de cel·les de sòl prescrita en el projecte més la capa de drenatge per sota, la capa d'aireig sobre l'estructura, i la secció de paviment previst. Cal excavar un mínim de 30 cm més enllà del perímetre del sistema de cel·les de sòl.

S'ha de compactar el fons de l'excavació fins a un mínim de 95% PM. S'ha de donar suport als laterals de l'excavació per evitar moviments i ensorraments.

S'ha de preveure una capa de drenatge compactada i anivellada (màxim 2%) al fons de l'excavació, vegeu el punt 6.4.3.

Cal determinar l'espai de plantació de l'arbre degut al fet que no ha de contenir cel·les de sòl.

El muntatge i assemblatge de les cel·les de sòl es farà d'acord amb les prescripcions tècniques de cada model i proveïdor.

Durant el muntatge de l'estructura de cel·les s'ha de tenir en compte el pas de les canalitzacions de serveis i sistemes d'aireig i subjecció dels arbres si s'ha previst.

S'han d'instal·lar les barreres antiarrels, geomalles i geotèxtils al voltant de l'estructura de cel·les de sòl.

S'ha de reblir el perímetre de l'estructura de cel·les amb tongades de 20 cm amb material adequat i compactar-les fins al 95% PM.

A continuació, s'ha de reblir les cel·les de sòl amb la terra vegetal especificada amb tongades de 20 a 30 cm compactant amb els peus i sense deixar ni buits ni bosses d'aire. Un cop reblert, s'han de col·locar les tapes que suporten la secció de paviment previst.

Si es preveu una capa d'aireig de graves sobre les cel·les, s'ha de tenir en compte una geomalla amb geotèxtil no teixit de 100 a 300 g/m².

Instal·leu la capa base i el paviment previst segons el projecte.

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

8 Propers passos per seguir en el coneixement tècnic del subsol

Aquesta guia fa un primer pas en l'estudi del subsol i, el més important, obre una finestra d'oportunitat per destacar un món ocult del subsol i seguir avançant en el coneixement del desenvolupament de les arrels. Com diu Stefano Mancuso, botànic i pioner en l'estudi de la neurobiologia vegetal:

"...la raíz percibe continuamente numerosos parámetros, como la gravedad, la temperatura, la humedad, el campo eléctrico, la luz, la presión, los gradientes químicos, la presencia de sustancias tóxicas (venenos, metales pesados), vibraciones sonoras, presencia u ausencia de oxígeno y dióxido de carbón".

Els propers passos per seguir serien els següents:

- » Avançar en la permeabilitat del sòl i cerca de nova materialitat.
- » Definir paràmetres de control de qualitat en el subsòl.
- » Dimensionar el volum de sòl real per a la plantació d'arbrat en entorn urbà consolidat.
- » Dimensionar els volums de sòl per a la plantació d'arbrat en jardins.
- » Ampliar el coneixement en "tropisme vegetal" de les arrels dels arbres.

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

9 Bibliografia

9.1 Normativa de referència

- » Carballo, G.; Rodríguez, G.; Borruel, O.; Lurbes, E.; Agea, E. 2020. Plec de prescripcions tècniques per al disseny, l'execució i la recepció d'espais verds. Parcs i Jardins, Institut Municipal de Barcelona, rev. 03/2021.
- » Carballo, G.; Chesa, M. J.; Higuero, A.; Esbrí, O.; Garriga, J.; Gamas, M.; Solà, A.; De Castro, D. 2020. Guia tècnica per al disseny de sistemes de drenatge urbà sostenible SUDS. Medi Ambient i Serveis Urbans. Ecologia Urbana.

9.2 Llibres / documents / revistes

- » Lara, L.; Subils, I.; Fernandez, M.; Rubio, M. 2016. Estudi per a la implantació de sistemes de sòls estructurals i paviments drenants per millorar la plantació de l'arbrat de l'espai viari de Barcelona. Parcs i Jardins, Institut Municipal de Barcelona.
- » PROJECTE MASU 2015. 2016. Les millores de sòl en arbrat existent i en noves urbanitzacions (sòls estructurals). Direcció d'Espais Verds i Biodiversitat
- » Selga, J.; Terricabras, A.; Ibero, A. 2012. Guia per a la selecció d'espècies de verd urbà: arbrat viari. Diputació de Barcelona.
- » Garcia, J.; Valdés, M. Guia de paviments, Ajuntament de Barcelona.
- » Lindsey, P.; Bassuk, N. 1991. "Specifying Soil Volumes to Meet the Water Needs of Mature Urban Street Trees and Trees in Containers". *Journal of Arboriculture*, 17(6), p. 141-149.
- » Lindsey, P.; Bassuk, N. L. 1992. "Redesigning the Urban Forest from the Ground Below: A New Approach to Specifying Adequate Soil Volumes for Street Trees". *Arboricultural Journal*, 16(1), p. 25-39.
- » Trowbridge, P.; Bassuk, N. L. 1999. "Redesigning Paving Profiles for a More Viable Urban Forest". *ASLA Proceedings Annual Conference*, p. 350-351. 13(2), p. 64-71.
- » Grabosky, J.; Bassuk N. L. 1995. "A New Urban Tree Soil to Safely Increase Rooting Volumes Under Side-walks". *Journal of Arboriculture*, 21(4), p. 187-201.
- » Grabosky, J.; Bassuk, N. L.; Van Es, H. 1996. "Testing of Structural Urban Tree Soil Materials for Use Under Pavement to Increase Street Tree Rooting Volumes". *Journal of Arboriculture*, vol. 22, núm. 6, p. 255-263.
- » Grabosky, J.; Bassuk, N. L.; Urban, J.; Trowbridge, P. 1998. "Structural Soil: An Innovative Medium Under Pavement that Improves Street Tree Vigor". *ASLA Proceedings Annual Conference*, p. 183-185.
- » Grabosky, J.; Bassuk, N. L.; Irwin, L.; Van Es, H. 1999. "A Pilot Field Study of Structural Soil Materials in Pavement Profiles". *The Landscape Below Ground II: Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils*. San Francisco, CA: International Society of Arboriculture, p. 210-221.

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

- » Grabosky, J.; Bassuk, N. L.; Irwin, L.; Van Es, H. 1999. "Structural Soil Investigations at Cornell University". *The Landscape Below Ground II: Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils*. San Francisco, CA: International Society of Arboriculture, p. 203-209.
- » Grabosky, J.; Bassuk, N. L.; Irwin, L.; Van Es, H. 2001. "Shoot and Root Growth of Three Tree Species in Sidewalks". *J. Environmental Hort.* 19(4), p. 206-211.
- » Grabosky, J.; Bassuk, N. L.; Marranta, M. B. 2002. "Preliminary Findings from Measuring Street Tree Shoot growth in two Skeletal Soil Installations Compared to Tree Lawn Plantings". *Journal of Arboriculture* 28(2), p. 106-108.
- » Loh, F. C. W.; Grabosky, J. C.; Bassuk, N. L. 2003. "Growth Response of Ficus benjamina to Limited Soil Volume and Soil Dilution a Skeletal Soil Container Study". *Urban Forestry & Urban Greening*. 2(1), p. 53-62.
- » Trowbridge, P.; Bassuk, N. L. 2004. *Trees in the Urban Landscape: Site Assessment, Design and Installation*. Capítol 3, p. 61-81. Wiley and Sons, Inc.
- » Evans, M.; Bassuk, N. L.; Trowbridge, P. J. 1990. "Street trees and sidewalk construction". *Landscape Architecture*. 80(3), p. 102-103.
- » Goldstein, J.; Bassuk, N. L.; Lindsey, P.; Urban, J. 1991. "From the Ground Down". *Landscape Architecture*, 81(1), p. 66-68.
- » ArborSystem® Installation & Maintenance Manual

9.3 NTJ de referència

- » NTJ 01I Recomanacions de projecte d'infraestructures de reg
- » NTJ 01K PART 2 Recomanacions de projecte de drenatge: dispositius d'infiltració
- » NTJ 01J Redacció de projectes de jardineria i paisatgisme
- » NTJ 01V Part 2 Recomanacions de projecte d'arbrat viari: criteris de selecció
- » NTJ 02A Aplegada de terra vegetal d'obra
- » NTJ 03E Protecció dels elements vegetals en els treballs de construcció. Revisada
- » NTJ 04 Infraestructures bàsiques d'espais verds
- » NTJ 05A Encoixinats
- » NTJ 05C Composts: qualitat i aplicació en espais verds
- » NTJ 05T Terres de jardineria i enceballs
- » NTJ 07 Subministrament del material vegetal
- » NTJ 08C Tècniques de plantació d'arbres
- » NTJ 13G Mètodes d'anàlisi de camp i de sòls de gespes no esportives i prats

**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

9.4 Projectes de referència

- » BB079 Bromley-by-Bow Imperial street
- » Esteyco, Abpaisatgistes. 2022. Projecte executiu de reurbanització del carrer Pi i Margall, entre la plaça d'en Joanic i la ronda del Guinardó.
- » Batlle i Roig. 2022. Projecte executiu de reforma de l'avinguda Meridiana entre el carrer Felip II i el passeig de Fabra i Puig.
- » IMPIJB. 2023. Documentació fotogràfica de l'execució del sòl estructural en l'obra dels eixos verds a l'Eixample de Barcelona (vegeu l'annex).

Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

10 ANNEX 1. Documentació fotogràfica de l'execució del sòl estructural en l'obra dels eixos verds a l'Eixample de Barcelona

EIX VERD GIRONA (LOT 9):

» Obra: Eixos Verds Eixample – Superilla Barcelona

» LOT 9

» Data d'execució: 3/2/2022

1. Estesa de capa de graves



2. Aportació de terra vegetal



Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

3. Afegiment de l'hidrogel i barreja dels elements



* Aspecte de la barreja



4. Reg



Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal

5. Compactació del sòl



* Aspecte del sòl compactat





**Gerència de Serveis Urbans i Manteniment de l'Espai Públic
Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal**

11 ANNEX 2. Estudi tècnic de la solució drenant d'un paviment granular de sauló compactat durant la rehabilitació historicopaisatgística de la plaça de Joan Fiveller en el parc de la Ciutadella a Barcelona



Estudis de Drenatge de Paviments Granulars en dos Jardins Històrics de Barcelona.

Parc de la Ciutadella / Jardins del Laberint d'Horta

Aquests dos estudis presenten la realització de proves per avaluar l'estructura de paviments de sauló amb base de graves que siguin drenants i accessibles, amb intenció de millorar les condicions de dos jardins històrics de la ciutat de Barcelona

Barcelona 15 de març de 2022



Plaça Joan Fiveller, Parc de la Ciutadella. Imatge Jana Miró

ESTUDI TÈCNIC DE LA SOLUCIÓ DRENANT D'UN PAVIMENT GRANULAR DE SAULÓ COMPACTAT DURANT LA REHABILITACIÓ INTEGRAL DE LA PLAÇA JOAN FIVELLER EN EL PARC DE LA CIUTADELLA DE BARCELONA

Barcelona, 15 de març de 2022



AGENTS DE L'ESTUDI

Promotor i autor de l'estudi

Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal.
Ecologia Urbana de l'Ajuntament de Barcelona. C/.
Torrent de l'Olla, 218-220, 5a., 08012 Barcelona,

Direcció Tècnica i Tècnic Responsable

Jana Miró, Tècnic Superior del Verd, Parcs i
Jardins de Barcelona, IM. jmiros@bcn.cat, Telèfon
610221414

Gestor: BIMSA

Redactors del Projecte: PCG, Arquitectura i
Enginyeria, Josep Cónsola ITA, Carmen Toribio,
Arquitecta.

Direcció Obra: PCG, Arquitectura i Enginyeria,
Josep Cónsola ITA.

Constructora: UTE Constructora d'Aro, S.A + La
Cyca

Autor de la memòria i direcció tècnica de la realització de les proves

Josep Cónsola i Serra, Enginyer Tècnic Agrícola,
Col·legiat nº 3576, C/ Generalitat de Catalunya, 3,
25220_Bell-lloc d'Urgell. jconsola@agrifor.org

Contingut

AGENTS DE L'ESTUDI	1
1. Localització del projecte	5
2. Context històric	5
3. Objectiu de l'estudi	7
4. Dificultat i condicionants.....	8
5. Enginyeria de la secció	8
Descripció de la millora de drenatge.....	8
Descripció de la solució constructiva en secció	8
Mètode de càlcul - Mètode racional	9
Descripció de la composició granulomètrica del sauló	11
Origen del material:.....	11
Secció executada en obra.....	12
Materials utilitzats.....	12
6. Assaig de pluja	12
Objecte de l'assaig.....	13
Cronologia	13
Descripció del paviment del tram de prova	13
Pluja de disseny	14
Estructura del simulador de pluja	15
Execució de l'assaig	16
7. Conclusió de l'assaig.....	19
8. Annexes	22

1. Emplaçament del projecte

El Parc de la Ciutadella és de la segona meitat del segle XIX i és un dels principals referents dels espais verds de la ciutat de Barcelona. Durant molts anys va ser l'únic parc existent a la ciutat i un dels primers que va ser dissenyat específicament com a parc públic.



1. Emplaçament del parc. Atles de Biodiversitat i Natura Espais Verds

2. Context històric

El parc de la Ciutadella actual ocupa els terrenys de la ciutadella que ordenà construir Felip V per dominar Barcelona després de la Guerra de Successió (any 1714). Les Corts sortides de la revolució del 1868 van aprovar el 10 de desembre de 1869 la llei per la propietat dels terrenys de la fortalesa, que passava a l'ajuntament a condició de construir jardins públics.

El projecte del parc va ser redactat pel mestre d'obres Josep Fontserè i Mestre l'any 1871.

Amb motiu de l'Exposició Universal de 1888, l'alcalde Francesc Rius i Taulet, va encarregar l'octubre de 1887 la direcció general de les obres segons el projecte de Josep Fontserè a Elies Rogent i Amat.

Després de l'Exposició Universal de 1888 una part dels terrenys i edificis van quedar disponibles i es van destinar al Parc Zoològic de Barcelona, que va ser inaugurat l'any 1892.

La plaça de Joan Fiveller, antiga Plaça d'Armes, va ser projectada per l'eminent urbanista i paisatgista francès Jean-Claude-Nicolas Forestier l'any 1916. El va concebre com una avantsala del museu de la ciutat, que estava instal·lat a l'edifici de l'antic arsenal, seu actual del Parlament de Catalunya.

Aprofitant la necessitat de millorar el drenatge d'aquesta zona del parc i la xarxa i els sistemes de reg, l'objectiu ha estat recuperar el jardí històric per retornar-lo al seu estat original.

La restauració dels jardins de la plaça de Joan Fiveller, antiga plaça d'armes, ha permès recuperar aquest espai destacat i singular dins del conjunt del parc de la Ciutadella.

Tirar-ho endavant ha representat recórrer a la feina conjunta de professionals de diverses disciplines —de la història a l'agronomia— i coordinar diversos departaments de l'Ajuntament, amb Parcs i Jardins, Institut Municipal, al capdavant. S'ha tingut una cura especial a documentar i preservar les restes arqueològiques.

En l'àmbit vegetal, la recerca històrica ha permès disposar d'una aproximació sòlida al repertori de plantes emprat per Forestier.

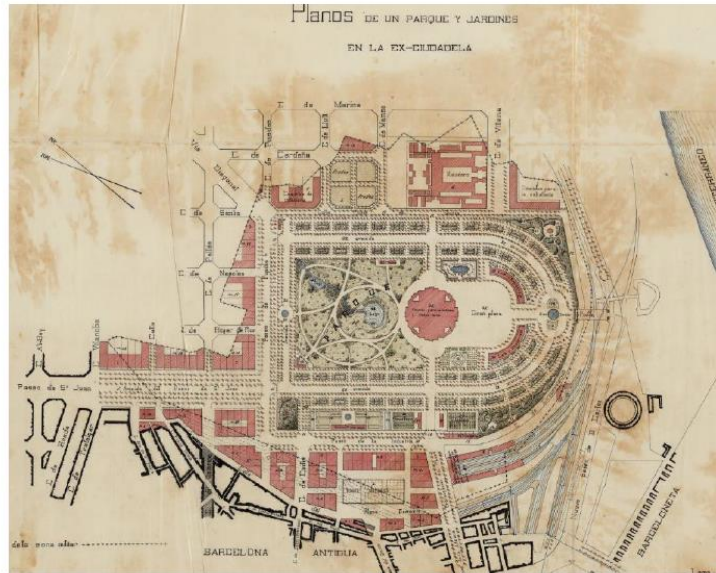
Les obres de millora, que es van iniciar el mes de juny del 2020 i van acabar el novembre del 2021, han tingut un cost de 2.174.898 euros.

Projecte de Millora del Parc de la Ciutadella

Estudi històric

Districte de Ciutat Vella

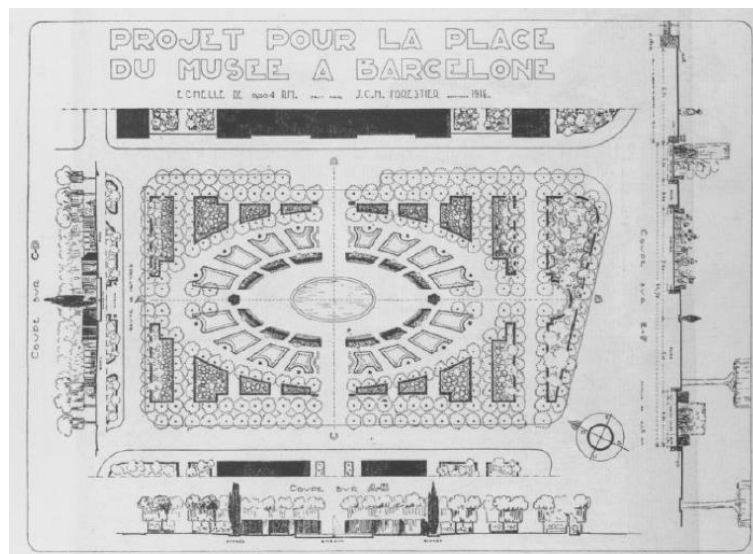
El derribo de la Ciutadela y los primeros proyectos de jardín: el proyecto de Josep Fontseré:



Plano de Un Parque Y Jardines en la Ex-ciudadela. Lám 1. Plano General de Un Parque Y Jardines. 1871. Arxiu Històric de la Ciutat de Barcelona.

2. Projecte del Parc de la Ciutadella

Actualment aquest parc està catalogat com a jardí històric, declarat Monument Històric Artístic l'any 1951.



3. Projecte de la Plaça. Arxiu Municipal

Edifici del Parlament de Catalunya,
amb motiu de la celebració de la
seva primera sessió. Parc de la
Ciutadella, Barcelona.
06/12/1932

Arxiu Nacional de Catalunya
FONS ANC1-585 / JOSEP MARIA
SAGARRA i PLANA
ANC1-585-N-2657



4. Vista del Parlament de Catalunya amb la plaça Joan Fiveller al davant (1932)

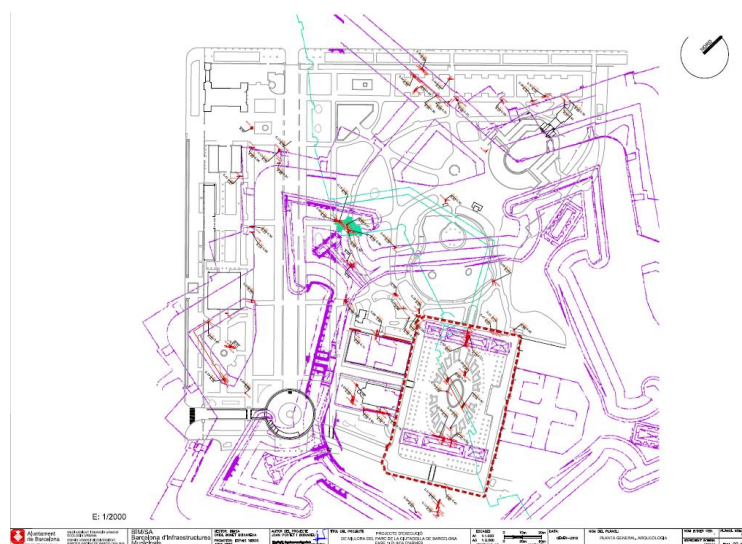
3. Objectiu de l'estudi

A Joan Fiveller existeix un problema d'entollament dels camins existents de sauló degut a diversos factors: freqüentació d'ús del parc (milions de visitants a l'any) i conseqüent compactació del sauló, arqueologia en el subsòl, topografia molt plana, etc...

Això fa que estiguem des de fa anys projectant un sistema de drenatge en els camins que resolgui la presència de tolls d'aigua i que infiltri l'aigua als parterres, tot deixant els camins accessibles a la ciutadania.

Donada la gran afluència d'usuaris i visitants que rep el parc, aquest pateix una degradació important de molts dels elements que el componen, com són, i en concret dels camins de sauló. Aquesta degradació afecta al drenatge, l'accessibilitat i el conjunt de la plaça, la vegetació inclosa.

Per tant, l'objectiu principal de la proposta és millorar el drenatge dels camins de sauló, mantenir l'accessibilitat i aprofitar l'aigua per benefici de la vegetació.



5. Presència d'arqueologia al subsòl

4. Dificultat i condicionants

- i. BCIN – Bé Cultural d'Interès Nacional. Preservar configuració físicogeomètrica original.
- ii. Presència arqueologia al subsòl
- iii. Garantir l'accessibilitat universal als camins de sauló
- iv. Resistir a la sobre-freqüentació de vianants (nombre visitants/any)
- v. Garantir el drenatge de les aigües pluvials evitant “tolls” superficials que impedeixen el passeig

5. Enginyeria de la secció

Descripció de la millora de drenatge

Per tal de millorar el drenatge de la plaça s'ha optat per dissenyar un sistema d'emmagatzematge de les aigües de pluja que consistirà en fer servir graves que, gràcies a la seva porositat, permetran retenir gran part d'aquesta aigua, evitant així que quedi en superfície.

Les zones de sauló s'han dotat d'un pendent transversal, conduint d'aquesta manera l'aigua cap als parterres. Sota dels parterres es construiran pous de graves que permetran emmagatzemar l'aigua. Aquestes bosses de grava s'ubicaran allà on l'arqueologia ho permeti.

Un cop s'arribi a la capacitat màxima del pou, l'aigua serà conduïda mitjançant un tub dren fins a un altre tub dren principal, que juntament amb l'aigua que s'infiltrarà a través del sauló, es conduirà fins a la xarxa de clavegueram existent.

Aquesta xarxa de recollida d'aigües està formada per un col·lector que permetrà evacuar part de les aigües de pluja. El càlcul del volum d'aigua s'ha realitzat en els documents adjunts al present annex.

A més, tots els tubs de drens de la plaça, aniran connectats a un sobreeixidor que permetrà evacuar les aigües en cas que aquestes superin la capacitat de les graves.

Per tal de no contaminar les graves amb les terres que les envoltaran, es disposarà de dues capes geotèxtils, una sobre i l'altre sota de les graves.

Cal tenir en compte que en el perímetre d'aquesta plaça s'hi troben embornals que connecten a la xarxa de sanejament de l'edifici del Parlament. Per tal d'aprofitar aquest fet, es dotarà de pendent els laterals de la plaça perquè l'aigua s'evacui directament als embornals.

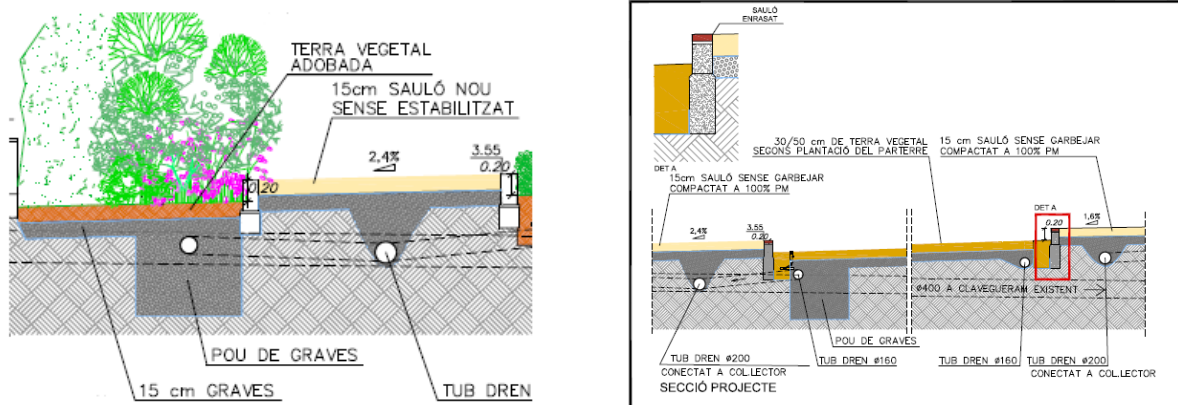
Descripció de la solució constructiva en secció

Es procedirà a l'excavació de 30 cm per posteriorment tornar a omplir amb 15 cm de graves i 15 cm de sauló, adequant-lo a les noves pendents, en totes aquelles zones on sigui necessari, ja sigui per aconseguir el mateix nivell que a les voreres circumdants, o per millorar el drenatge allà on es detectin problemes.

Per tal de millorar el drenatge de la plaça s'ha optat per dissenyar un sistema d'emmagatzematge de les aigües de pluja que consistirà en fer servir graves que, gràcies a la seva porositat, permetran retenir gran part d'aquesta aigua, evitant així que quedi en superfície.

Tal i com es pot veure en la imatge adjunta, s'ha dotat de pendent transversal les zones de sauló, conduint d'aquesta manera l'aigua cap als parterres. Sota dels parterres es construïran pous de graves que permetran emmagatzemar l'aigua. Aquestes bosses de grava s'ubicaran allà on l'arqueologia ho permeti.

Un cop s'arribi a la capacitat màxima del pou, l'aigua serà conduïda mitjançant un tub dren fins a un altre tub dren principal, que juntament amb l'aigua que s'infiltrarà a través del sauló, es conduirà fins a la xarxa de clavegueram existent.



6. Detall del sistema de drenatge i emmagatzematge d'aigües de la Plaça de Joan Fiveller

Aquesta xarxa de recollida d'aigües està formada per un col·lector que permetrà evacuar part de les aigües de pluja. El càlcul del volum d'aigua s'ha realitzat en els documents adjunts al present annex.

A més, tots els tubs de drens de la plaça, aniran connectats a un sobreexidor que permetrà evacuar les aigües en cas que aquestes superin la capacitat de les graves.

Per tal de no contaminar les graves amb les terres que les envoltaran, es disposarà de dues capes geotèxtils, una sobre i l'altre sota de les graves.

Cal tenir en compte que en el perímetre d'aquesta plaça s'hi troben embornals que connecten a la xarxa de sanejament de l'edifici del Parlament. Per tal d'aprofitar aquest fet, es dotarà de pendent els laterals de la plaça perquè l'aigua s'evacui directament als embornals.

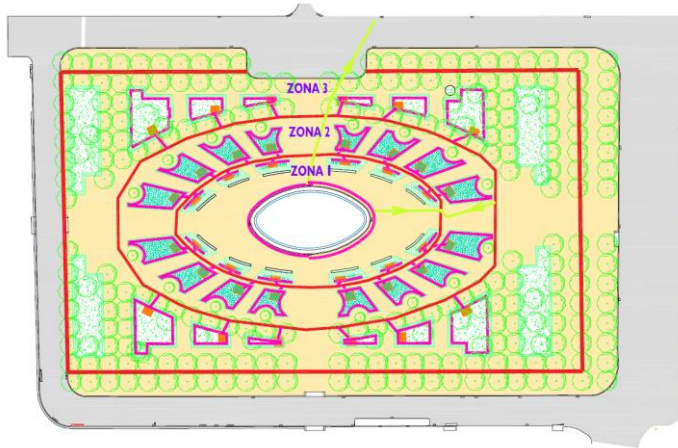
Mètode de càlcul - Mètode racional

Per realitzar el càlcul dels volums d'aigua que hauran d'emmagatzemar les graves s'ha optat pel Mètode Racional, que permet l'estimació dels caudals associats a diferents períodes de retorn en funció de l'àrea i tipologia de la conca d'aportació.

El cabdal de referència Q s'obindrà a partir de la següent fórmula extreta de la Norma "Instrucció 5.2-IC Drenaje superficial":

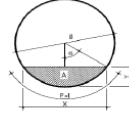
$$Q = \frac{C \cdot A \cdot I}{K}$$

- C: coeficient mitjà d'escorrentia de la conca o superfície drenada.
- A: àrea de la zona a analitzar



7. Zones de la Conca d'Aportació

Zona	Barcelona
Màxima precipitació diària anual Mínimes jueves diarias en la España Peninsular	
P	70 mm/dia
Cv	0.45
T	25
K(T)	1.945
P(T)	136.15 mm/dia

DADES 1 sauló	DADES 1 parterre	DADES 2 sauló	DADES 2 parterre	DADES 3 sauló	DADES 3 parterre	CABAL RECOLLIDA POU
Mètode Racional 5.2-IC Drainaje Superficial	Mètode Racional 5.2-IC Drainaje Superficial	Mètode Racional 5.2-IC Drainaje Superficial	Mètode Racional 5.2-IC Drainaje Superficial	Mètode Racional 5.2-IC Drainaje Superficial	Mètode Racional 5.2-IC Drainaje Superficial	Fórmula de Manning
Àrea Conca	Àrea Conca	Àrea Conca	Àrea Conca	Àrea Conca	Àrea Conca	Radi tub 0.125
A 1281.66 m ²	A 149.94 m ²	A 1845.68 m ²	A 699.32 m ²	A 4979.31 m ²	A 806.72 m ²	n 0.01
Intensitat mitjana precipitació	Intensitat mitjana precipitació	Intensitat mitjana precipitació	Intensitat mitjana precipitació	Intensitat mitjana precipitació	Intensitat mitjana precipitació	A 0.01910116
Id 5.67 mm/h	Id 5.67 mm/h	Id 5.67 mm/h	Id 5.67 mm/h	Id 5.67 mm/h	Id 5.67 mm/h	R 0.067570714
l1/d 11 Barcelona	l1/d 11 Barcelona	l1/d 11 Barcelona	l1/d 11 Barcelona	l1/d 11 Barcelona	l1/d 11 Barcelona	P 0.21813434
lt 62.40 mm/h	lt 62.40 mm/h	lt 62.40 mm/h	lt 62.40 mm/h	lt 62.40 mm/h	lt 62.40 mm/h	J (pendent) 0.01
lt/d 11	lt/d 11	lt/d 11	lt/d 11	lt/d 11	lt/d 11	Q 114.415248 m ³ /h
Coefficient escorrentia mitjà	Coefficient escorrentia mitjà	Coefficient escorrentia mitjà	Coefficient escorrentia mitjà	Coefficient escorrentia mitjà	Coefficient escorrentia mitjà	velocitat 1.66307894 m/s
Pd 136.15 mm/dia	Pd 136.15 mm/dia	Pd 136.15 mm/dia	Pd 136.15 mm/dia	Pd 136.15 mm/dia	Pd 136.15 mm/dia	
Terreny Sauló >5%	Terreny Parterre <5%	Terreny Sauló >5%	Terreny Parterre <5%	Terreny Sauló >5%	Terreny Parterre <5%	
Pendent 12.5	Pendent 43	Pendent 12.5	Pendent 43	Pendent 12.5	Pendent 43	
C 0.70	C 0.28	C 0.70	C 0.28	C 0.70	C 0.28	
RESULTATS	RESULTATS	RESULTATS	RESULTATS	RESULTATS	RESULTATS	
Volum 67.13725676 m ³	Volum 3.1588482777 m ³	Volum 96.68234333 m ³	Volum 14.7911209 m ³	Volum 260.831433 m ³	Volum 17.0627075 m ³	

SENSE XARXA DE RECOLLIDA

Volum total aigua retinguda	459.66 m ³
Volum drenat	404.80 m ³

AMB XARXA DE RECOLLIDA

Volum total aigua retinguda	459.66 m ³
Volum drenat	404.80 m ³
Volum aigua entesa en 1 hora	114.42 m ³
TOTAL	519.21 m³

4.3. COEFFICIENT D'ESCORRENTIA

El coeficient d'escorrentia C defineix la proporció de la component superficial de la precipitació i depèn de la relació entre la precipitació diària P_d corresponent al període de retorn i al llinar d'escorrentia P_o al partir del qual s'inicia aquesta.

Si la relació de P_d/P_o fos inferior a la unitat, el coeficient C d'escorrentia podrà considerar-se nul. En cas contrari, el valor de C es podrà obtenir de la següent fórmula:

$$C = \frac{(P_d/P_o - 1) \cdot (P_d/P_o + 23)}{(P_d/P_o - 1)}$$

En la següent taula es mostren els coeficients d'escorrentia calculats per a cada superfície que conforma el parc, així com també el valor del llinar d'escorrentia corresponent. Cal afegir que el valor del llinar s'ha de multiplicar per un coeficient corrector que mostra la variació regional de la humitat habitual en el sòl en el començament dels aiguats:

Tipus de terreny	Pendent	Llinar escorrentia	Coefficient corrector	Coefficient escorrentia
Sauló natural	---	5	2,5	0,56
Sauló estabilitzat	---	1	2,5	0,93
Parterre	< 3%	17	2,5	0,16
Parterre	> 3%	14	2,5	0,22

Taula 2. Coeficient d'escorrentia C

5. CÀLCUL RECOLLIDA AIGUA DEL COL·LECTOR DE LA PLAÇA DE LES ARMES

Per realitzar el càlcul del volum d'aigua que podrà recollir el col·lector de la plaça de les armes s'ha utilitzat la fórmula de Manning:

$$Q = (1/n) S R^{2/3} J^{1/2}$$

En la que Q és el cabal en m³/s

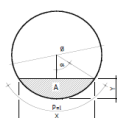
n és el coeficient de fricció del tub

S és el àrea de la secció de la corrent en m²

R = S/P és el radi hidràulic en m

P és el perímetre moitat corresponent al tram estudiat pel màxim nivell d'aigua en m

J és el pendent del tub en m/m



El perímetre moitat p és funció del diàmetre i del semiangle d'obertura α. El càlcul s'ha realitzat considerant l'angle òptim de 129° (2α), un coeficient de fricció de 0.01 pels materials plàstics, així com limitant la velocitat de l'aigua a 6 m/s.

8. Càlcul dels cabdals. Font: BIMSA

Descripció de la composició granulomètrica del sauló

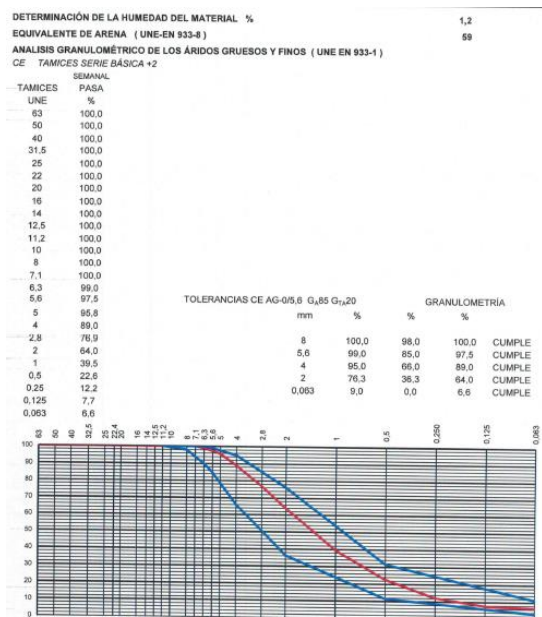
- Sorra silícia
- Cribratge de matèria primera procedent d'explotacions de l'àrea del Vallès i/o del Maresme. UNE-EN 932-3
- Minerals majoritaris : quarç, feldspat, ortosa, biotita.

Origen del material:

A alteració dels minerals de roques granítiques: quars, feldspats i miques. La roca original sana es transforma en una roca alterada que es coneix amb el nom de sauló, de textura sorrenca gruixuda i que està formada per minerals de quars inalterat, i feldspats i miques alterades.

NOMBRE COMERCIAL	TAMAÑO		CÓDIGO	
SAULÓ CRIBADO NATURAL	0/4		18	
REQUISITO	VALOR INFORMATIVO	UNIDADES	CATEGORÍA	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO
Tamaño de las partículas	0/4	d/D	---	EN 933 - 1
Contenido de finos	< 10	%	F ₁₀	EN 933 - 1
Equivalente de arena 4 mm	> 40	---	---	EN 933 - 8
Azul de metileno	N.P.D.	---	---	EN 933 - 9
Densidad de las partículas	2,70	(g/cm ³)	valor informativo	EN 1097 - 6
Absorción de agua	< 2	(% WA)	valor informativo	EN 1097 - 6
Sustancias peligrosas	No identificadas			
Estudio petrográfico	ARENA SILÍCEA Cribado de materia prima procedente de explotaciones del área del Vallés y/o del Maresme. MINERALES MAYORITARIOS : CUARZO, FELDSPATO, ORTOSA, BIOTITA.			UNE - EN 932-3
	Origen del material: alteración de los minerales de rocas graníticas: cuarzo, feldspatos y micas. La roca original sana se transforma en una roca alterada que se conoce con el nombre de sauló, de textura arenosa gruesa y que está formada por minerales de cuarzo inalterado, y feldspatos y micas alteradas.			
OBSERVACIONES:				
GRANULOMETRÍA		Tamiz R20	% Pasa	
2D	1,4 D	8	100	
D	1	4	100 - 90	
0,25	0,25	22 - 8	60 - 35	
0,063	0,063	4 - 10	22 - 8	

PND Prestación No Determinada NA No Aplica Próxima revisión: 21-03-2021



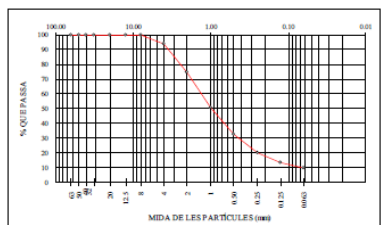
Assaig per determinar les propietats geomètriques dels àrids. Part 1: Determinació de la granulometria de les partícules. Mètode del tamisat. UNE-EN 933-1:2012.

CECAM Celrà, 19/10/2020 Full 1 de 2.

ACTA DE RESULTATS

DESCRIPCIÓ DE LA MOSTRA: Mostra de sauló per granulometries. Ser tram de prova
 PRESA DE MOSTRA: Mostra recollida a obra per personal del laboratori.

1 AF18 Assaig per determinar les propietats geomètriques dels àrids. Part 1: Determinació de la granulometria de les partícules. Mètode del tamisat. UNE-EN 933-1:2012



MASSA TOTAL SECA (g) 400,5

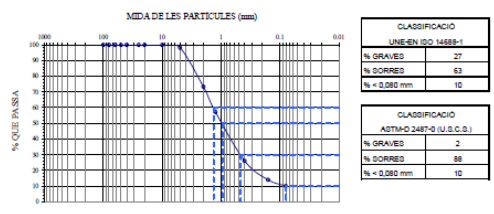
METODE D'ANÀLISI: x Rentat i tamisat

TAMIS (mm)	63	50	40	32	20	0,5	8	4	2	1	0,5	0,25	0,05	0,063
Retingut (g)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,3	78,4	95,3	73,4	49,0	26,6	6,0	
Retingut acumulat (g)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,3	62,7	68,0	27,94	320,4	347,0	362,0	
% QUE PASA	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	88,9	74,4	69,8	92,2	20,9	13,4	9,8	

CECAM Celrà, 19/10/2020 Full 2 de 2.

ACTA DE RESULTATS

1 SL03 Investigació i assaigs geotècnics. Assaigs de laboratori de sòls. Part 4: Determinació de la distribució granulomètrica per tamisat. UNE-EN-ISO 17982-4:2019



Massa total seca (g)	310	3	0,075	0,15	0,3	0,6	1,2	2,5	5	10	20	40	75	150	300
Retingut (g)	100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	1,25	0,4	0,16	0,06	
Retingut acumulat (g)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% que passa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,3	73,4	67,3	36,1	14,0	10,0

PARÀMETRES GRANULOMÈTRICS

D ₆₀	0,60	D ₃₀	0,30	D ₁₀	0,25	C _u	2,4	C _w	0,8
1,38	0,98	0,68							

Observacions: (**) Assaigs inscrits al registre de Laboratori amb Declaració Responsable. Podeu consultar l'abast a <http://www.gencat.cat>

9. Assajos de granulometria. Font: BIMSA

Secció executada en obra

Després de jugar amb tipologies de sauló diferent (més o menys garbellat amb més o menys presència de fins) i estudiant la secció granulomètrica del drenatge (gruix d'ull de perdiu i de les graves), sumem l'accessibilitat (comprovat in situ que amb sauló garbellat no hi pot accedir una cadira de rodes).

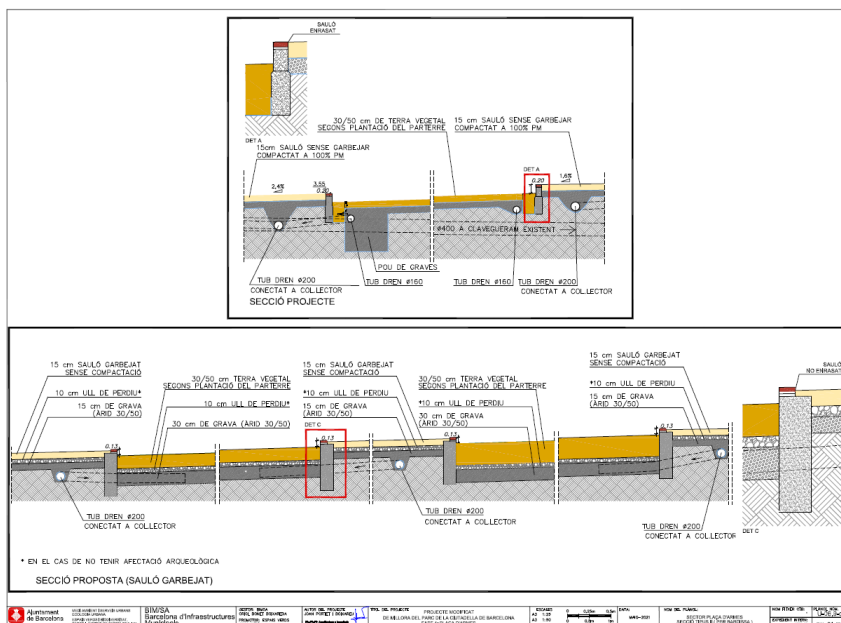
Estudiant tot això s'ha arribat a una solució de secció tipus de camins que, a nivell teòric, respon a: permeabilitat, trepig/compactació, accessibilitat i manteniment:

Materials utilitzats

1. Sauló garbejat: capa gruix 15cm amb un 10% que passa pel tamís 0,08.
2. Ull de perdiu: capa de gruix 10cm
3. Grava: àrid 30/50 en cap de gruix de 15cm

En annexes se detalla:

- a) Fitxes tècniques sauló
- b) Assaig laboratori del sauló aprovat
- c) Fitxes tècniques grava
- d) Fitxes tècniques ull de perdiu
- e) Plànol seccions paviment



10. Seccions dels paviments. Font: BIMSA

6. Assaig de pluja

Es redacta una "Memòria per assaig d'infiltració del sauló projecte d'execució de millora del parc de la ciutadella de Barcelona fase 1: Joan Fiveller". 19 d'octubre de 2020

Objecte de l'assaig

L'assaig té per objectiu avaluar la capacitat d'infiltració del paviment de sauló estès i compactat en un tram de prova dels camins interiors de la Joan Fiveller, per una pluja de disseny a Barcelona amb un període de retorn T de 10 anys.

Cronologia

- I. 22-10-2020: -Visita d'obra, en la qual es sol·licita l'execució de l'assaig segons memòria proporcionada per la Direcció d'Obra.
- II. 26-10-2020: -Mesura de pressió (5 bars) i cabal d'aigua (9840 l/h) en la boca de reg que ha de servir de font d'alimentació pel simulador de pluja.
- III. -Mesura de les dimensions del tram de prova. Forma trapezoïdal:
 - a. Base major: 491 cm
 - b. Base menor: 408 cm
 - c. Costat "a": 345 cm
 - d. Costat "b": 350 cm
- IV. -Càlculs de número i distribució de degoters i microaspersors necessaris, a partir de les dades de cabal i pressió mesurades.
- V. 27-10-2020: -Adquisició del material (estructura de suport, degoters, microaspersors, tubs, aixetes, claus...)
- VI. 29-10-2020: -Muntatge del sistema a les instal·lacions de CECAM
- VII. 30-10-2020: -Proves de funcionament a les instal·lacions de CECAM
- VIII. 02-11-2020: -Muntatge del sistema i proves de funcionament a obra a l'interior d'un parterre, en les mateixes condicions que es donaran el dia de l'assaig
- IX. 03-11-2020: -Muntatge del sistema al tram d'assaig
- X. -INICI DE L'ASSAIG a les 12:05 h

Descripció del paviment del tram de prova

El tram de prova sobre el qual s'avaluarà la capacitat d'infiltració, està situat entre els 2 primers parterres exteriors de la Fase 1 més propers al camí transversal de la Joan Fiveller; just davant de la porta de la Parròquia. La FIG. 1 mostra la seva ubicació i dimensions.

El tram té un pendent aproximat de l'1% cap a la font situada al centre de la Plaça.

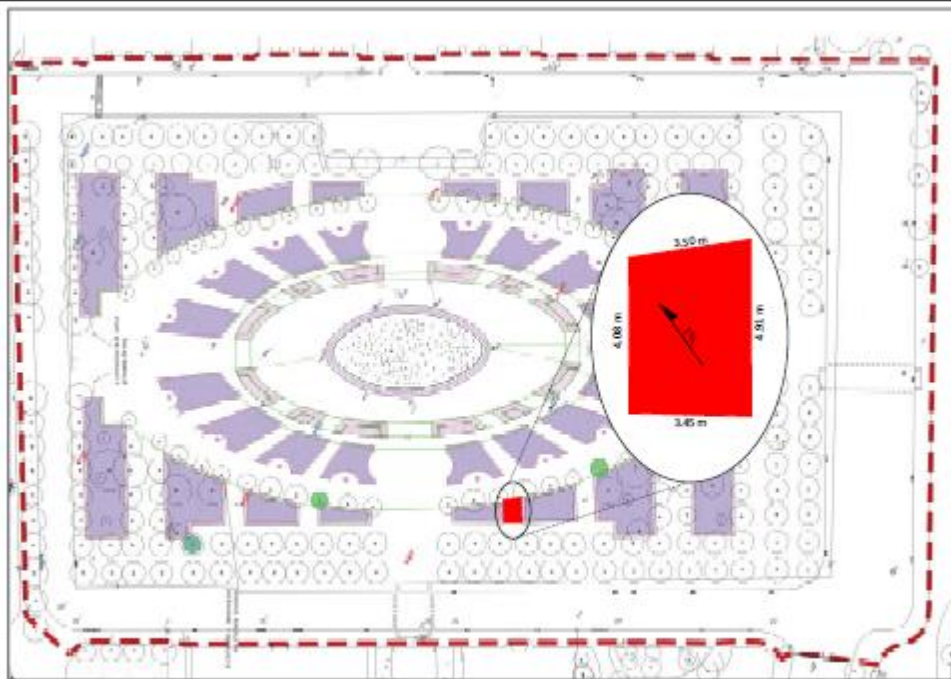


FIG. 1: Ubicació i dimensions del tram de prova assajat

11. Emplaçament de la prova. Font: BIMSA

La secció estructural del paviment del tram de prova està formada (segons comunicació de la Direcció d'obra) per 15 cm de sauló compactat en superfície, 10 cm d'ull de perdut com a capa intermitja, i 15 cm de grava drenant a la base (veure FIG. 2)



FIG. 2: Secció estructural del paviment i aspecte del tram abans d'assajar

Granulomètricament, el sauló classifica segons la norma ASTM D-2487 com a SW-SM: sorres ben graduades amb llms (veure acta de resultats a l'ANNEX 1)

12. Secció estructural del paviment de sauló. Font: BIMSA

Pluja de disseny

La pluja de disseny amb la qual s'ha efectuat l'assaig ha estat proporcionada per la Direcció d'Obra, i inclosa a la seva memòria d'assaig.

Segons aquesta memòria, elaborada per BCASA, correspon a un període de retorn de 10 anys, utilitzat habitualment per al disseny de les xarxes de drenatge de la ciutat de Barcelona.

La figura mostra l'histograma amb la intensitat de pluja (mm/h) en períodes de 5 minuts per T=10 anys:

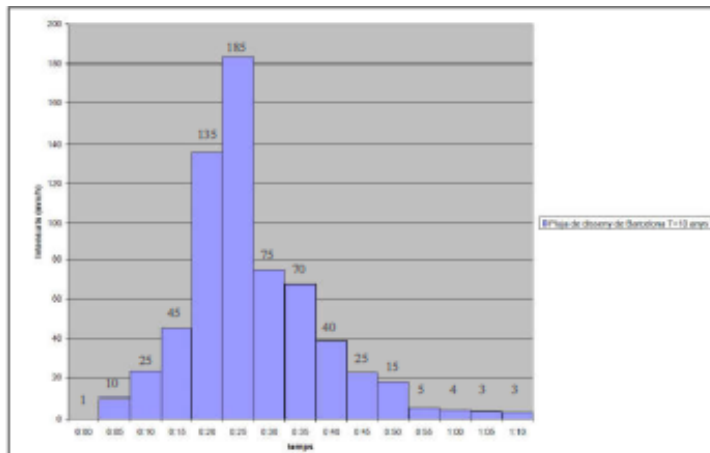


FIG. 4: Histograma d'intensitat de pluja en períodes de 5 min per T=10 anys a Barcelona

A partir de les dades de l'histograma de la FIG. 1, i considerant una superfície teòrica del tram de prova de 15 m², a la memòria es proporcionen els cabals i volums d'aigua per a cada període de 5 minuts que caldrà abocar sobre la superfície a assajar (FIG. 5):

Temps (h)	0:00	0:05	0:10	0:15	0:20	0:25	0:30	0:35	0:40	0:45	0:50	0:55	1:00	1:05	1:10
Cabal (l/h)	15	150	375	675	2025	2775	1125	1050	600	375	225	75	60	45	45
Volum aigua (l)	1,25	12,5	31,3	56,3	168,8	231,3	93,75	87,5	50	31,25	18,75	6,25	5	3,75	3,75

FIG. 5: Cabals i volums d'aigua en períodes de 5 min

Al final de l'assaig, caldrà haver abocat un volum de 800,2 litres d'aigua.

13. Histograma. Font: BIMSA

Estructura del simulador de pluja

Subministrament d'aigua: El simulador serà alimentat des d'una boca de reg de la Joan Fiveller. La pressió mesurada en aquesta boca la setmana anterior a l'assaig va ser de 5 bars, i el seu cabal de 9840 l/h, suficients per aportar l'aigua necessària en el temps d'assaig.

- **Estructura de suport:** l'estructura està formada per un bastidor de fusta recolzat en blocs de formigó, en el qual s'ancoren 5 llistons de fusta que conformen cadascuna de les 5 línies d'aportació d'aigua, de les quals pugen els ruixadors (FIG. 7).

FIG. 7: Estructura durant la prova feta a un parterre el dia previ a l'assaig



Les 5 línies d'aigua estan comandades des de la taula de control (veure FIG. 8), la qual disposa de:

- o vàlvula de purga de la instal·lació,
- o vàlvules de bola per cada línia,
- o 2 cabalmetres,
- o manòmetre de control de pressió,
- o termòhigròmetre ambiental,
- o rellotge.

FIG. 8: Taula de control

Tota l'estructura està coberta per plàstic i protegida pels 4 laterals, per tal que tota l'aigua ruixada acabi precipitant sobre superfície d'assaig. Els laterals estan oberts en els 15 cm inferiors amb la finalitat de poder observar la superfície del paviment dur l'execució de l'assaig. Les FIG. 9 i 10 mostren tota l'estructura muntada.



FIG. 9: Vista frontal de l'estructura muntada

FIG. 10: Vista posterior amb la taula de control en primer terme



14. Simulador de pluja. Font: BIMSA

Mecanismes de generació de pluja: mitjançant 24 microaspersors i 8 degoters (FIG. 6). Donada la gran diferència de volums d'aigua entre l'estadi de mínima (1,25 litres en 5 min) i màxima

precipitació (231 litres en 5 min), es disposarà d'una xarxa de degoters pel primer estadi, i una de microaspersors per la resta.

Execució de l'assaig

Les principals dades a obtenir són, segons es desprèn de la memòria de prova:

- a) Temps d'inici de la saturació de la mostra
- b) Temps d'inici de formació de basses
- c) Temps d'inici de tancament d'esquerdes
- d) Temps de tancament total d'esquerdes
- e) Temps d'inici del vessament d'aigua fora del tram d'assaig
- f) Temps final del vessament d'aigua fora del tram d'assaig
- g) Temps final de les basses
- h) Temps que ha de transcórrer per poder-lo trepitjar
- i) Humitat inicial del sauló
- j) Humitat final del sauló

Tots els temps són comptats a partir de l'inici de la simulació de pluja:

OBSERVACIÓ	INICI	FINAL	COMENTARIS
DATA	03/11/2020	03/11/2020	
HORA	12:05 h	13:20 h	
CONDICIONS AMBIENTALS	20.4 °C 73.8% HR	19.9 °C 76.3 % HR	
PRESSIÓ INSTAL·LACIÓ	5.09 bars	5.05 bars	
HUMITAT SAULÓ	6.42%	17.31%	
LECTURA COMPTADOR	36000 litres	36801.47 litres	Volum: 801.47 litres
TANCAMENT ESQUERDES	--	--	No s'observen esquerdes en el paviment de sauló
SATURACIÓ SAULÓ	12:16 h	--	Moment en que s'observa escolament superficial
FORMACIÓ DE BASSES	12:21 h	--	
DESAPARICIÓ COMPLERTA DE BASSES	--	17:39 h	A les 13:06 es produeix la desaparició de les basses de la part alta de la zona d'assaig
VESSAMENT CAP A L'EXTERIOR	12:33 h	13:04 h	L'aigua vessa per la cantonada més propera al centre de la font

FIG. 11: Principals observacions efectuades

15. Observacions de la prova. Font: BIMSA

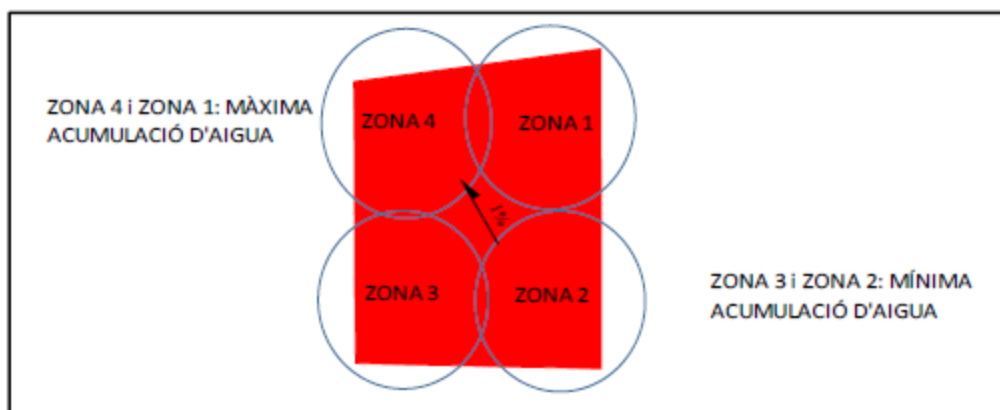
L'avaluació del temps transcorregut des del final de l'episodi de pluja fins que el paviment torna a ser transitable (una de les peticions de la prova) no està subjecte a cap normativa, i no deixa de ser una apreciació subjectiva:

- a) en el moment en que no hi ha basses?
- b) en el moment en que finalitza l'escolament superficial?
- c) en el moment en que no s'enganxi sauló a la sola del calçat dels vianants?

Per aquest motiu, s'ha decidit avaluar la variació de la capacitat de suport del paviment de sauló amb el temps de forma objectiva, mitjançant l'assaig de càrrega amb placa dinàmica sota la Norma UNE 103807-2: els valors dels mòduls de deformació d'un sòl varien de forma inversament proporcional al seu contingut en aigua.



16. Dispositiu de la prova. Font: BIMSA



17. Diagrama de la prova. Font: BIMSA

Així, s'han mesurat els valors del mòdul de deformació dinàmic (Evd) abans d'iniciar-se l'assaig, i amb posterioritat a la finalització cada 30 minuts i durant 3 hores (FIG. 15), per tal de veure el

decaïment de la capacitat portant del paviment després de l'assaig, i com millora a mida que va drenant.



18. Imatge de la prova de pluja en curs dins del dispositiu. Font: BIMSA

Donat el pendent del tram de prova, l'aigua s'ha anat acumulant en la zona baixa, i s'ha mantingut en ella durant un període de temps més llarg que a la zona alta. Per aquest motiu, a l'hora de fer els assaigs de placa dinàmica s'ha dividit el tram en 4 zones, per mirar d'observar diferències entre elles que puguin ser atribuïbles a diferents continguts d'aigua en el paviment.

TEMPS (min)	ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		VALOR MIG		VALOR MIG ZONES 2-3		VALOR MIG ZONES 1-4	
	ASSENTAMENT (mm)	End (Mpa)	ASSENTAMENT (mm)	End (Mpa)	ASSENTAMENT (mm)	End (Mpa)	ASSENTAMENT (mm)	End (Mpa)	ASSENTAMENT (mm)	End (Mpa)	ASSENTAMENT (mm)	End (Mpa)	ASSENTAMENT (mm)	End (Mpa)
0:00	0,95	14	0,61	27	0,37	39	0,66	26	0,75	32	0,59	36	0,90	25
1:00	1,27	18	1,11	20	1,30	17	2,61	11	1,42	17	1,21	19	1,64	14
1:30	1,27	18	0,93	24	1,26	15	1,46	15	1,23	19	1,09	21	1,35	17
1:40	1,27	18	0,91	26	1,38	21	1,14	14	1,17	20	1,00	26	1,35	17
1:50	1,26	18	0,88	26	1,72	22	1,40	16	1,14	20	0,95	24	1,33	17
2:20	1,29	18	0,84	27	0,89	25	1,39	16	1,09	22	0,87	26	1,31	17
2:50	1,22	18	0,78	29	0,87	26	1,34	17	1,05	22	0,89	27	1,28	18
3:00	1,11	19	0,76	30	0,84	27	1,14	19	0,99	23	0,69	28	1,15	19

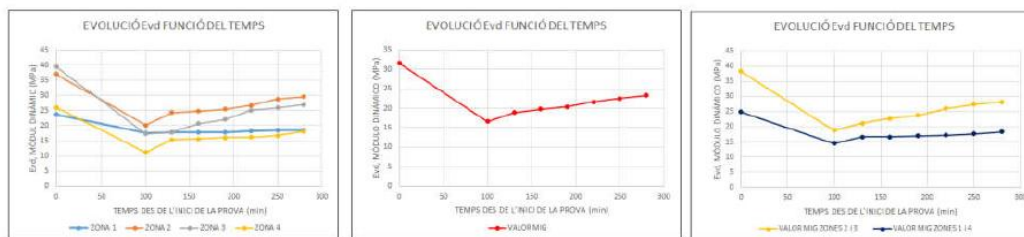


FIG. 15: Valors Evd obtinguts. Al gràfic de l'esquerra es mostren els resultats individuals per a cada zona, al central el valor mig de totes les zones, i al de la dreta les mitges de les zones 2-3 (zones altes) i 1-4 (zones baixes)

19. Resultats i valors Evd obtinguts. Font: BIMSA





Així, les zones 4 i 1 (topogràficament més baixes) són les que més aigua acumularan i més trigaran en drenar, mentre que les zones 2 i 3 (topogràficament més altes) seran les que primer evacuaran

l'aigua i ho faran cap a les zones 4 i 1. La FIG. 14 mostra les diferents zones sobre una planta del tram de prova

Dels valors mesurats es desprèn que des de l'inici, abans de realitzar la simulació de pluja, ja existeix una diferència del 52% entre els valors dels mòduls dinàmics Evd de les zones 1 i 4 per una banda (Evd=25 MPa), i les zones 2 i 3 (Evd=38 MPa) per una altra.

El primer valor mesurat després de la simulació de pluja, als 100 min des de l'inici de l'assaig (en tan bon punt el sauló estava mínimament practicable i s'havia desmuntat el plàstic protector), els valors en totes les zones cauen dràsticament, sent especialment acusat el descens en les zones altes (2 i 3), de justament el 50%; es passa de 38 MPa a 19 MPa. A les zones baixes (1 i 4) el descens és del 44%, passant de 25 MPa a 14 MPa.

Les posteriors mesures espaiades en períodes de 30 minuts reflecteixen una recuperació més ràpida a les zones altes que a les baixes, tal i com mostren les línies del gràfic de la dreta, segurament degut al major contingut en aigua existent encara a la zona baixa.

	
COMPTADOR: LECTURA INICIAL 36000 litres	COMPTADOR: LECTURA FINAL 36801.47 litres
	
INICI FORMACIÓ BASSES. 12:21 h	AIGUA ARRIBA CANTONADA BAIXA (ZONA 4) 12:23 h

20. Comptadors i imatges de la prova en curs. Font: BIMSA

Ver Annex : Assaig per determinar les propietats geomètriques dels àrids. Part 1: Determinació de la granulometria de les partícules. Mètode del tamisat. UNE-EN 933-1:2012

7. Conclusió de l'assaig

Durant l'execució de l'assaig d'infiltració es va poder constatar la bona capacitat d'infiltració de la secció estructural del paviment del tram de prova, format per 15 cm de sauló compactat en superfície, 10 cm d'ull de perdiu com a capa intermèdia, i 15 cm de grava drenant a la base.

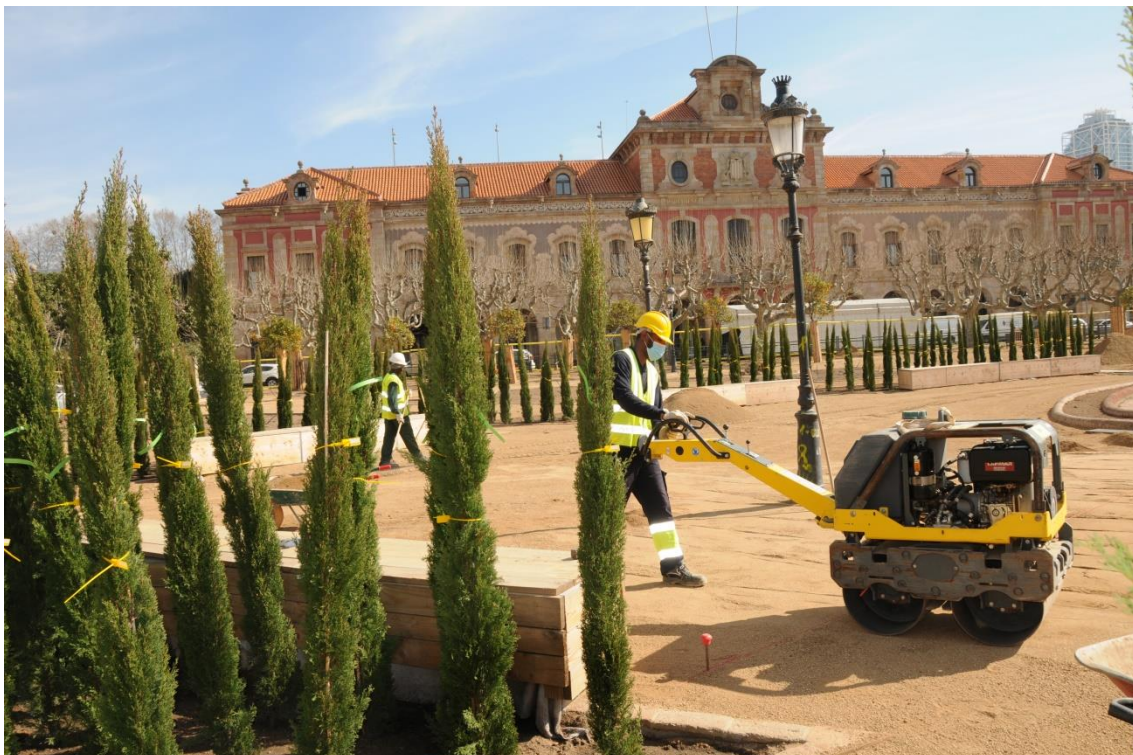
Sota una pluja de 1 h 10 mins de duració i de 10 anys de període de retorn es van començar a produir basses al cap de 16 minuts d'haver començat la pluja, i es va començar a produir vessament

cap a l'exterior per la zona baixa de la mostra al cap de 28 minuts d'haver començat la pluja, moment de màxima intensitat de la pluja. La duració d'aquest vessament va ser d'uns 30 minuts, i va finalitzar mentre encara durava l'assaig de pluja.

En finalitzar l'assaig, la zona alta de la mostra ja no presentava basalts d'aigua mentre que a la zona intermèdia i baixa sí que n'hi havia. Aquest van anar desapareixent progressivament i 2 hores després de la finalització de l'assaig la zona intermèdia no presentava basalts i 4 hores i 20 minuts després de la finalització de l'assaig les basses havien desaparegut completament.



21. Execució dels treballs febrer 2021. Foto – Jana Miró



22. Compactació final dels paviments executats. Foto – Jana Miró

8. Annexes

- Metodologia del simulador de pluja
- Assaig del simulador de pluja
- Resultats de proves de granulometria
- Secció dels paviments i drenatge



EL USO DE UN SIMULADOR DE LLUVIA

Apellidos, nombre	Ibáñez Asensio, Sara (sibanez@prv.upv.es) Moreno Ramón, Héctor (hecmora@prv.upv.es) Gisbert Blanquer, Juan Manuel (jgisbert@prv.upv.es)
Departamento	Producción Vegetal
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural



1 Resumen

En el presente artículo se aborda la técnica de manejo de un simulador de lluvia para la determinación de la conductividad hidráulica en saturación y la tasa de infiltración del suelo.

La conductividad hidráulica de un medio poroso expresa la velocidad con la que circula un fluido por los huecos que quedan entre sus partículas constituyentes, siendo una de las propiedades que reflejan con mayor precisión el tiempo de permanencia del agua en el suelo. Su valor nos ayuda a prever la respuesta del terreno ante a las lluvias o el riego.

2 Objetivos

Con el presente artículo docente se pretende que el lector sea capaz de:

- Entender el mecanismo de funcionamiento los simuladores de lluvia
- Identificar las ventajas e inconvenientes de su uso
- Calcular el valor de la conductividad hidráulica y evaluar el comportamiento hidrológico de los suelos

3 Estructura e introducción

El presente artículo docente se estructura en los siguientes puntos:

1. Resumen de ideas clave
2. Objetivos
3. Estructura e introducción
4. Desarrollo
 - 4.1. Características de los simuladores de lluvia
 - 4.2. Descripción del equipo
 - 4.3. Procedimiento de trabajo
 - 4.4. Cálculo de la conductividad hidráulica y de la tasa de infiltración
5. Cierre
6. Bibliografía

Si seguimos todos estos apartados descritos al final tendremos una idea clara de cómo manejar un simulador de lluvia y superar los objetivos anteriormente propuestos. No obstante para poder llegar a entender su funcionamiento antes debemos saber qué es la conductividad hidráulica y cuáles son los factores que determinan su valor.

Si no conoces estos conceptos básicos en edafología, debes buscar información en cualquier libro (por ejemplo los señalados en la bibliografía) o bien buscando en internet con las palabras claves anteriormente señaladas.



4 Desarrollo

El uso de simuladores de lluvia se encuentra estrechamente vinculado al auge de las investigaciones en conservación de suelos y aguas, siendo apropiado para el estudio de las relaciones lluvia-escorrentía, la medida de la tasa de infiltración y la estima de las pérdidas de suelo. Una de sus principales ventajas es poder prescindir de la lluvia natural, lo que permite programar y realizar gran número de experiencias en muy poco tiempo.

La simulación de lluvia en campo ha sido una de las técnicas más utilizadas en los últimos tiempos.

Desde su origen los simuladores de lluvia han pretendido copiar las características de la precipitación pluvial lo más fielmente posible, siendo a partir de los años 60 cuando, tras haberse logrado conocer realmente la dinámica y la física de la lluvia, se intenta reproducir tanto la distribución del tamaño de las gotas como su energía cinética de impacto.

4.1 Características, ventajas e inconvenientes de los simuladores de lluvia

La técnica de la simulación de lluvia básicamente consiste en aplicar una cantidad de lluvia concreta sobre una parcela de límites conocidos, controlando el agua de escorrentía generada durante la experiencia. La diferencia entre el agua aplicada y el agua recogida es el agua absorbida por el suelo y, por lo tanto, simplemente tomando medidas del agua generada por la lluvia a intervalos de tiempo regulares podemos obtener la tasa de infiltración característica del suelo estudiado.

Una de las grandes ventajas de los simuladores de lluvia frente a las otras técnicas de medida de la tasa de infiltración es que la simulación de lluvia permite determinar la capacidad de infiltración de los suelos en condiciones de no saturación. Además permite controlar otros muchos aspectos de la respuesta hidrológica del terreno: el tiempo transcurrido hasta que se inicia el encharcamiento, el momento de inicio de la escorrentía, la formación de costras y selladuras, el inicio de cerrado de posibles grietas, o el tiempo transcurrido hasta el agotamiento de la escorrentía una vez cesada la precipitación.

Mientras que los primeros simuladores eran de gran tamaño y poca versatilidad, hoy día su diseño ha evolucionado enormemente, existiendo diferentes tipos según sea el mecanismo generador de las gotas (Figuras 1a y 1b): simuladores que generan gotas sin velocidad a la salida, los denominados goteadores ($v=0$); y simuladores que proporcionan gotas a presión, los simuladores pulverizadores o de boquilla ($v>0$).



Figura 1. a) Simulador de tipo goteador y b) Simulador de boquilla

La elección de unos u otros dependerá de las características de la lluvia que se quiera reproducir. En los simuladores goteadores la energía cinética de la lluvia (y por lo tanto su capacidad de desagregar y compactar el suelo) depende básicamente del tamaño de las gotas.



Figura 2.- Parrilla de goteros

En estos simuladores las gotas se generan de forma individual, todas son iguales y, en principio, impactan siempre en el mismo lugar, variando su \varnothing según sea el dispositivo de salida utilizado (agujas hipodérmicas, pequeños tubos de cristal o goteros de riego) (Figuras 2 y 3a).

En los simuladores pulverizadores o de boquilla, normalmente el agua es pulverizada por boquillas de riego (Figura 3b) que producen gotas de diferentes tamaños y, por lo tanto, más parecidas a las de la lluvia natural. Sin embargo comparativamente con la precipitación natural en general todas las gotas son más pequeñas, y por ello a pesar de la considerable velocidad a la que salen de la boquilla la energía cinética de la lluvia que producen suele ser baja.



Figura 3a) Detalle goteros



Figura 3b) Detalle boquilla de riego

Por último cabe destacar que la simulación de lluvia también permite que las experiencias puedan ser realizadas en laboratorio si se utilizan las denominadas "mesas de simulación", que básicamente son bandejas o soportes que se llenan con muestras de suelo alterado bajo unas condiciones específicas de trabajo.

Las mesas de simulación permiten manipular muchas de las características del terreno determinantes del proceso erosivo (como la pendiente, la pedregosidad superficial o subsuperficial o el porcentaje de cubierta vegetal) posibilitando así el estudio de su influencia sobre la erosión de forma independiente. Además están diseñadas para reproducir condiciones de drenaje libre y van dotadas de un sistema de recolección de muestras que permite controlar la evolución de la infiltración y del material erosionado tanto por impacto como por escorrentía (Figura 4).



Figura 4.- Detalles de una mesa de simulación de laboratorio

Frente a tantas y tan diversas ventajas es preciso señalar los siguientes inconvenientes: los datos obtenidos pueden ser poco representativos si no se toma en consideración la variabilidad espacial de los suelos; no se ha conseguido reproducir la lluvia natural con exactitud; y, finalmente, de usarse en combinación con las mesas de simulación, la preparación de las muestras y llenado de las bandejas puede alterar excesivamente las características naturales del suelo.

4.2 Descripción del equipo

Básicamente consta de los siguientes elementos:

- Equipo de suministro de agua. Cuando se trabaja en campo el agua es almacenada en un tanque (de unos 200 l) situado en un pequeño remolque; se impulsa mediante una bomba de pequeña potencia (figura 5). En el laboratorio el agua puede tomarse directamente de la red de saneamiento (a presión).



Figura 5: Remolque, tanque y bomba

- Soporte. La estructura, que puede ser fija o desmontable (caso del simulador portátil de campo), debe estar diseñada para que el mecanismo generador de las gotas permanezca horizontal durante toda la experiencia sea cual sea la inclinación del terreno y para que se sitúe a 2 m de altura sobre el suelo (altura para la que se han determinado las características de las gotas de lluvia). Debe asegurar que funcione correctamente incluso en zonas de badlands de pendientes muy pronunciadas.

Es necesario que los simuladores de campo lleven un toldo protector y unas barras de arrostramiento que permitan realizar la experiencia incluso en días de viento moderado, que las gotas de lluvia puedan ser desplazadas por el viento fuera de la parcela de simulación, variando así la distribución, y por tanto la intensidad, de la precipitación simulada.

- Mecanismos de generación de lluvia.

Puede ser una boquilla de pulverización o una parrilla porta-goteros formada por filas de tubos y goteros tipo autocompensante.

- Equipo regulador de presión. Es necesario instalar algún tipo de regulador de la presión de agua (figura 6) que nos asegure que la intensidad de la lluvia generada sea constante durante toda la simulación. El equipo debe estar provisto un manómetro que indique la presión de trabajo en todo momento.

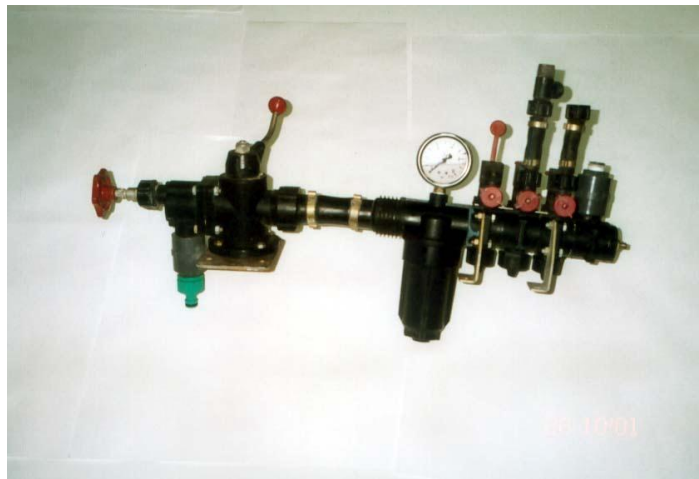


Figura 6. Equipo regulador de presión

La oscilación en la presión de entrada del agua genera cambios de intensidad y alteraciones en la distribución del agua pulverizada por las boquillas. Al aumentar la presión por encima de este valor óptimo el cono de lluvia se abre y las gotas generadas son de menor tamaño y caen a mayor velocidad, con lo que la intensidad de la precipitación desciende mientras que la energía cinética transmitida al suelo aumenta.

Las principales características de la lluvia que determinan su poder erosivo son la cantidad total de agua precipitada, la intensidad de la precipitación, el tamaño de



las gotas, la distribución de la precipitación por tamaños de gota y la velocidad de impacto de las mismas.

4.3 Procedimiento de trabajo

Es conveniente seguir las siguientes recomendaciones:

- Mantener la lluvia durante al menos 30 minutos de ininterrumpidos (en condiciones de campo)
- Registrar la respuesta del suelo a la lluvia (humedad inicial del suelo, tiempo de encharcamiento, inicio de la escorrentía, inicio del cierre de grietas, fin del cierre de grietas, fin de la escorrentía, profundidad del frente húmedo, humedad final, intensidad de la precipitación)
- Anotar en la libreta de trabajo cualquier incidencias u observaciones específicas de la simulación, así como la fecha de la misma
- Fotografiar la parcela antes y después de la simulación de lluvia
- Registrar la escorrentía de forma continúa durante toda la simulación siempre que sea posible. Los intervalos de tiempo que deben transcurrir entre medidas nunca son fijos puesto que la infiltración varía tanto con contenido de humedad del suelo – que aumenta durante la experiencia - como de las características específicas de cada parcela. Podemos tomar dos minutos como tiempo base de partida, aumentándolo en suelos de elevada infiltración y acortándolo en situaciones de elevada escorrentía.
- Medir la cantidad de suelo arrastrado por la escorrentía. Podemos separar los sedimentos del agua de escorrentía mediante filtrado; tras su paso por estufa a 105°C, el sedimento atrapado en el filtro es pesado (gr) en una balanza de precisión (0,0001 gr).

4.4 Cálculos

A partir de los datos anotados en una ficha de seguimiento de la experiencia (figura 9) es posible representar gráficamente la escorrentía y la pérdida de suelo (figura 7).

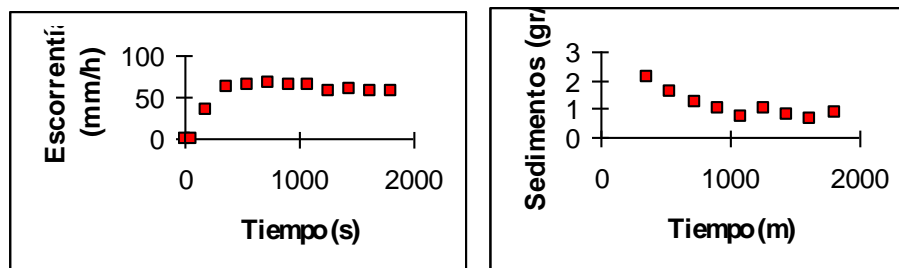


Figura 7.-Gráficas de la evolución de la escorrentía y de las pérdidas de suelo



5 Cierre

Mediante la técnica es posible reproducir el comportamiento hidrológico de los suelos en condiciones muy similares a las naturales, obteniéndose el valor de la conductividad hidráulica y de la tasa de infiltración con una gran fiabilidad.

Los simuladores de lluvia aportan como gran ventaja la posibilidad de repetir lluvias similares a las naturales en diferentes condiciones de campo y laboratorio.

6 Bibliografía

6.1 Libros:

[1] Art, G.E. 1984. Erosion from simulated rainfall on mountain rangeland of Utha. Journal of soil and water conservation (sep.- oct.): 330-334

[2] Calvo, A.; Harvey, A.M.; Payá, J. & Alexander, R.W. 1991. Response of badlands surfaces in south east Spain to simulated rainfall. Sociedad Española de Geomorfología. Ediciones Geoforma.. Cuaternario y Geomorfología, Vol. 5: 3-14.

[3] Cerda, A.; Ibañez, S. & Calvo, A. 1997. Design and operation of a small and portable Rainfall Simulator For Rugged Terrain. Soil Technology, 11 (2): 161-168.

[4] Jennings, G.D.; Jarrett, A.R. & Hoover, J.R. 1987. Simulated rainfall duration and sequencing affect soil loss. Transactions of the A.S.A.E., 30 (1): 158-161

Client:	BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A. A62320486
Obra:	Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça:	Plaça d'Armes
Població:	Barcelona

Núm. d'obra:	C160584	C202310
Expedient:	C20XI244	Albarà:
La seva referència:	PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT	
Data de recepció:	03/11/2020	
Dates assaig/s:	Inici: 03/11/2020	Final: 03/11/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME.
ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A
LA MOSTRA ANALITZADA*

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 1 de 16.

ACTA DE RESULTATS

Quantitat	Codi	Descripció de l'assaig
1	SL53	ASSAIG D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA, EN TRAM DE PROVA DE PAVIMENT DE SAULÓ COMPACTAT

OBJECTE DE L'ASSAIG

L'assaig té per objectiu avaluar la capacitat d'infiltració del paviment de sauló sauló estès i compactat en un tram de prova dels camins interiors de la Plaça d'Armes, per una pluja de disseny a Barcelona amb un període de retorn T de 10 anys.

CRONOLOGIA

- 22-10-2020: -Visita d'obra, en la qual es sol·licita l'execució de l'assaig segons memòria proporcionada per la Direcció d'Obra.
- 26-10-2020: -Mesura de pressió (5 bars) i cabal d'aigua (9840 l/h) en la boca de reg que ha de servir de font d'alimentació pel simulador de pluja.
-Mesura de les dimensions del tram de prova. Forma trapezoïdal:
 - Base major: 491 cm
 - Base menor: 408 cm
 - Costat "a": 345 cm
 - Costat "b": 350 cm
- Càlculs de número i distribució de degoters i microaspersors necessaris, a partir de les dades de cabal i pressió mesurades.
- 27-10-2020: -Adquisició del material (estructura de suport, degoters, microaspersors, tubs, aixetes, claus...)
- 29-10-2020: -Muntatge del sistema a les instal·lacions de CECAM
- 30-10-2020: -Proves de funcionament a les instal·lacions de CECAM
- 02-11-2020: -Muntatge del sistema i proves de funcionament a obra a l'interior d'un parterre, en les mateixes condicions que es donaran el dia de l'assaig
- 03-11-2020: -Muntatge del sistema al tram d'assaig
-INICI DE L'ASSAIG a les 12:05 h

DESCRIPCIÓ DEL PAVIMENT DEL TRAM DE PROVA

El tram de prova sobre el qual s'avaluarà la capacitat d'infiltració, està situat entre els 2 primers parterres exteriors de la Fase 1 més propers al camí transversal de la Plaça d'Armes; just davant de la porta de la Parròquia. La FIG. 1 mostra la seva ubicació i dimensions.

El tram té un pendent aproximat de l'1% cap a la font situada al centre de la Plaça.

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.

Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client: BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.
A62320486
Obra: Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça: Plaça d'Armes
Població: Barcelona

Núm. d'obra: C160584 C202310
Expedient: **C20XI244** Albarà: PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT
La seva referència:
Data de recepció: 03/11/2020
Dates assaig/s: Inici: 03/11/2020 Final: 03/11/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME. ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A LA MOSTRA ANALITZADA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 2 de 16.

ACTA DE RESULTATS

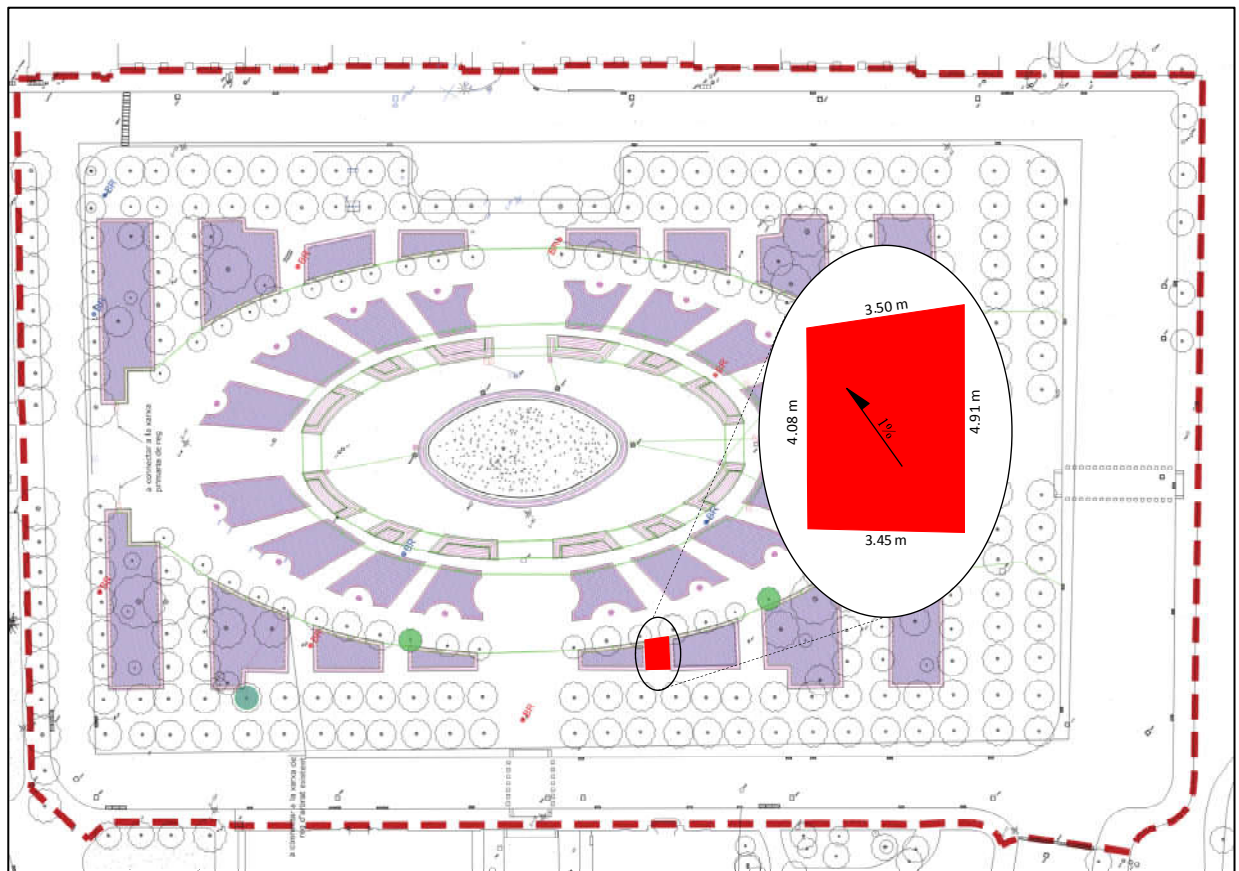


FIG. 1: Ubicació i dimensions del tram de prova assajat

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.

Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client: BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.
A62320486
Obra: Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça: Plaça d'Armes
Població: Barcelona

Núm. d'obra: C160584 C202310
Expedient: **C20XI244** Albarà: PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT
La seva referència:
Data de recepció: 03/11/2020
Dates assaig/s: Inici: 03/11/2020 Final: 03/11/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME. ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A LA MOSTRA ANALITZADA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 3 de 16.

ACTA DE RESULTATS

La secció estructural del paviment del tram de prova està formada (segons comunicació de la Direcció d'obra) per 15 cm de sauló compactat en superfície, 10 cm d'ull de perdiu com a capa intermitja, i 15 cm de grava drenant a la base (veure FIG. 2)



FIG. 2: Secció estructural del paviment i aspecte del tram abans d'assajar

Granulomètricament, el sauló classifica segons la norma ASTM D-2487 com a SW-SM: sorres ben graduades amb llims (veure acta de resultats a l'ANNEX 1)

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.

Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client:	BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A. A62320486
Obra:	Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça:	Plaça d'Armes
Població:	Barcelona

Núm. d'obra:	C160584	C202310
Expedient:	C20XI244	Albarà: PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT
La seva referència:		
Data de recepció:	03/11/2020	
Dates assaig/s: Inici:	03/11/2020	Final: 03/11/2020

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME.
ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A
LA MOSTRA ANALITZADA

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 4 de 16.

ACTA DE RESULTATS

El tram de prova es troba encintat en 2 dels seus costats per les fileres de maons dels parterres adjacents, havent-hi un desnivell negatiu d'uns 2 cm entre els maons i la superfície del sauló (FIG. 3)



FIG. 3: Desnivell maons-sauló

PLUJA DE DISSENY

La pluja de disseny amb la qual s'ha efectuat l'assaig ha estat proporcionada per la Direcció d'Obra, i inclosa a la seva memòria d'assaig. Segons aquesta memòria, ha estat elaborada per BCASA i correspon a un període de retorn de 10 anys, utilitzat habitualment per al disseny de les xarxes de drenatge de la ciutat de Barcelona. La FIG. 4 mostra l'histograma amb la intensitat de pluja (mm/h) en períodes de 5 minuts per T=10 anys

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.

Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGDD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client..

Client: BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.
A62320486
Obra: Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça: Plaça d'Armes
Població: Barcelona

Núm. d'obra: C160584 C202310
Expedient: **C20XI244** Albarà:
PROVA D'INFILTRACIÓ
MITJANÇANT SIMULACIÓ DE
PLUJA EN TRAM DE PROVA DE
SAULÓ COMPACTAT
La seva referència:
Data de recepció: 03/11/2020
Dates assaig/s: Inici: 03/11/2020 Final: 03/11/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 5 de 16.

ACTA DE RESULTATS

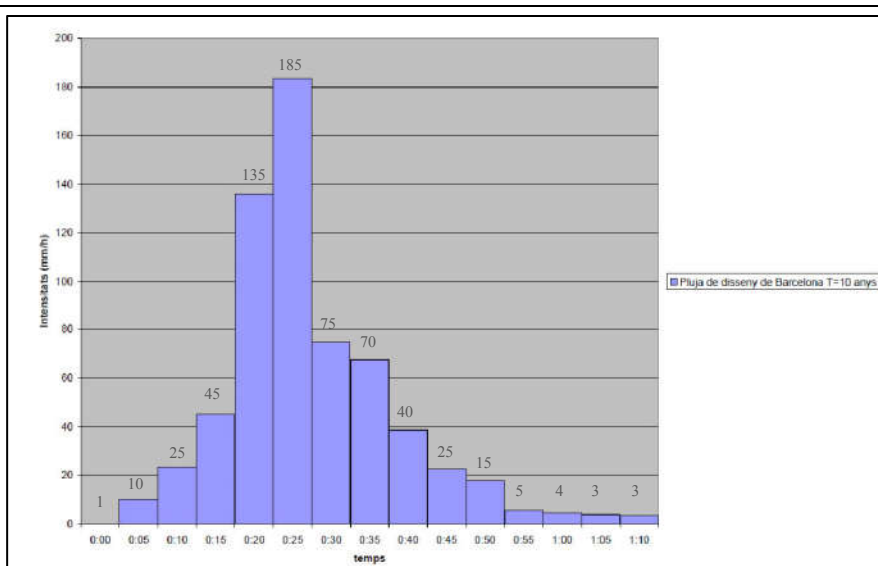


FIG. 4: Histograma d'intensitat de pluja en períodes de 5 min per T=10 anys a Barcelona

A partir de les dades de l'histograma de la FIG.1, i considerant una superfície teòrica del tram de prova de 15 m², a la memòria es proporcionen els cabals i volums d'aigua per a cada període de 5 minuts que caldrà abocar sobre la superfície a assajar (FIG. 5):

Temps (h)	0:00	0:05	0:10	0:15	0:20	0:25	0:30	0:35	0:40	0:45	0:50	0:55	1:00	1:05	1:10
Cabal (l/h)	15	150	375	675	2025	2775	1125	1050	600	375	225	75	60	45	45
Volum aigua (l)	1,25	12,5	31,3	56,3	168,8	231,3	93,75	87,5	50	31,25	18,75	6,25	5	3,75	3,75

FIG. 5: Cabals i volums d'aigua en períodes de 5 min

Al final de l'assaig, caldrà haver abocat un volum de 800.2 litres d'aigua.

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.
Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord.
El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client..

Client:	BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A. A62320486
Obra:	Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça:	Plaça d'Armes
Població:	Barcelona

Núm. d'obra:	C160584	C202310
Expedient:	C20XI244	Albarà:
La seva referència:	PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT	
Data de recepció:	03/11/2020	
Dates assaig/s:	Inici: 03/11/2020	Final: 03/11/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME.
ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A
LA MOSTRA ANALITZADA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 6 de 16.

ACTA DE RESULTATS

ESTRUCTURA DEL SIMULADOR DE PLUJA

- **Subministre d'aigua:** El simulador serà alimentat des d'una boca de reg de la Plaça d'Armes. La pressió mesurada en aquesta boca la setmana anterior a l'assaig va ser de 5 bars (FIG. 6) i el seu cabal de 9840 l/h, suficients per aportar l'aigua necessària en el temps d'assaig.

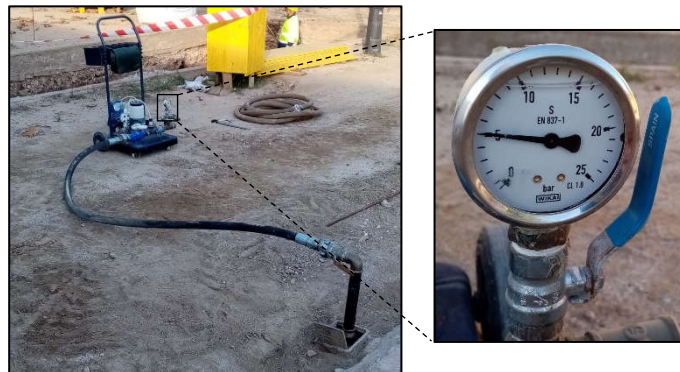


FIG. 5: Boca de reg per alimentar l'assaig, a 5 bars de pressió

- **Mecanismes de generació de pluja:** mitjançant 24 microaspersors i 8 degoters (FIG. 6). Donada la gran diferència de volums d'aigua entre l'estadi de mínima (1.25 litres en 5 min) i màxima precipitació (231 litres en 5 min), es disposarà d'una xarxa de degoters pel primer estadi, i una de microaspersors per la resta.

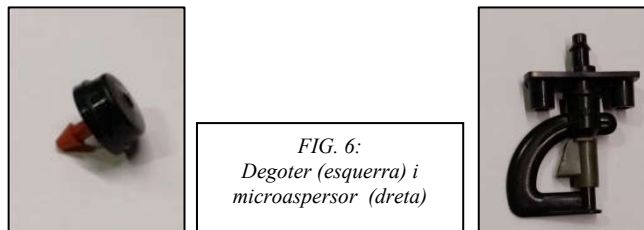


FIG. 6:
Degoter (esquerra) i
microaspersor (dreta)

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.

Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client:	BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A. A62320486
Obra:	Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça:	Plaça d'Armes
Població:	Barcelona

Núm. d'obra:	C160584	C202310
Expedient:	C20XI244	Albarà:
La seva referència:	PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT	
Data de recepció:	03/11/2020	
Dates assaig/s:	Inici: 03/11/2020	Final: 03/11/2020

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME.
ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A
LA MOSTRA ANALITZADA

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 7 de 16.

ACTA DE RESULTATS

- Estructura de suport: l'estructura està formada per un bastidor de fusta recolzat en blocs de formigó, en el qual s'ancoren 5 llistons de fusta que conformen cadascuna de las 5 línies d'aportació d'aigua, de les quals pegen els ruixadors (FIG. 7).



FIG. 7: Estructura durant la prova feta a un parterre el dia previ a l'assaig



Les 5 línies d'aigua estan comandades des de la taula de control (veure FIG 8), la qual disposa de:

- vàlvula de purga de la instal·lació,
- vàlvules de bola per cada línia,
- 2 cabalímetres,
- manòmetre de control de pressió,
- termohigròmetre ambiental,
- rellotge

FIG. 8: Taula de control

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.

Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGDD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client..

Client:	BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A. A62320486
Obra:	Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça:	Plaça d'Armes
Població:	Barcelona

Núm. d'obra:	C160584	C202310
Expedient:	C20XI244	Albarà:
La seva referència:	PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT	
Data de recepció:	03/11/2020	
Dates assaig/s:	Inici: 03/11/2020	Final: 03/11/2020

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME.
ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A
LA MOSTRA ANALITZADA

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 8 de 16.

ACTA DE RESULTATS

Tota l'estructura està coberta per plàstic i protegida pels 4 laterals, per tal que tota l'aigua ruixada acabi precipitant sobre la superfície d'assaig. Els laterals estan oberts en els 15 cm inferiors amb la finalitat de poder observar la superfície del paviment durant l'execució de l'assaig. Les FIG. 9 i 10 mostren tota l'estructura muntada.



FIG. 9: Vista frontal de l'estructura muntada



FIG. 10: Vista posterior amb la taula de control en primer terme

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.

Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client:	BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A. A62320486
Obra:	Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça:	Plaça d'Armes
Població:	Barcelona

Núm. d'obra:	C160584	C202310
Expedient:	C20XI244	Albarà:
La seva referència:	PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT	
Data de recepció:	03/11/2020	
Dates assaig/s:	Inici: 03/11/2020	Final: 03/11/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME.
ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A
LA MOSTRA ANALITZADA*

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 9 de 16.

ACTA DE RESULTATS

EXECUCIÓ DE L'ASSAIG

Les principals dades a obtenir són, segons es desprèn de la memòria de prova:

- Temps d'inici de la saturació de la mostra
- Temps d'inici de formació de basses
- Temps d'inici de tancament d'esquerdes
- Temps de tancament total d'esquerdes
- Temps d'inici del vessament d'aigua fora del tram d'assaig
- Temps final del vessament d'aigua fora del tram d'assaig
- Temps final de les basses
- Temps que ha de transcórrer per poder-lo trepitjar
- Humitat inicial del sauló
- Humitat final del sauló

Tots els temps són comptats a partir de l'inici de la simulació de pluja. La FIG. 11 mostra una taula amb les diferents observacions.

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.

Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGDD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client:	BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A. A62320486
Obra:	Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça:	Plaça d'Armes
Població:	Barcelona

Núm. d'obra:	C160584	C202310
Expedient:	C20XI244	Albarà:
La seva referència:	PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT	
Data de recepció:	03/11/2020	
Dates assaig/s:	Inici: 03/11/2020	Final: 03/11/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME.
ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A
LA MOSTRA ANALITZADA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 10 de 16.

ACTA DE RESULTATS

OBSERVACIÓ	INICI	FINAL	COMENTARIS
DATA	03/11/2020	03/11/2020	
HORA	12:05 h	13:20 h	
CONDICIONS AMBIENTALS	20.4 °C 73.8% HR	19.9 °C 76.3 % HR	
PRESSIÓ INSTAL·LACIÓ	5.09 bars	5.05 bars	
HUMITAT SAULÓ	6.42%	17.31%	
LECTURA COMPTADOR	36000 litres	36801.47 litres	Volum: 801.47 litres
TANCAMENT ESQUERDES	--	--	No s'observen esquerdes en el paviment de sauló
SATURACIÓ SAULÓ	12:16 h	--	Moment en que s'observa escolament superficial
FORMACIÓ DE BASSES	12:21 h	--	
DESAPARICIÓ COMPLERTA DE BASSES	--	17:39 h	A les 13:06 es produeix la desaparició de les basses de la part alta de la zona d'assaig
VESSAMENT CAP A L'EXTERIOR	12:33 h	13:04 h	L'aigua vessa per la cantonada més propera al centre de la font

FIG. 11: Principals observacions efectuades

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.
Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord.
El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client:	BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A. A62320486
Obra:	Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça:	Plaça d'Armes
Població:	Barcelona

Núm. d'obra:	C160584	C202310
Expedient:	C20XI244	Albarà:
La seva referència:	PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT	
Data de recepció:	03/11/2020	
Dates assaig/s:	Inici: 03/11/2020	Final: 03/11/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME.
ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A
LA MOSTRA ANALITZADA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 11 de 16.

ACTA DE RESULTATS

L'avaluació del temps transcorregut des del final de l'episodi de pluja fins que el paviment torna a ser transitable (una de les peticions de la prova) no està subjecte a cap normativa, i no deixa de ser una apreciació subjectiva:

- en el moment en que no hi ha basses?
- en el moment en que finalitza l'escolament superficial?
- en el moment en que no s'enganxi sauló a la sola del calçat dels vianants?
- ...

Per aquest motiu, s'ha decidit avaluar la **variació de la capacitat de suport** del paviment de sauló amb el temps de forma objectiva, mitjançant l'assaig de càrrega amb **placa dinàmica** sota la **Norma UNE 103807-2**: els valors dels mòduls de deformació d'un sòl varien de forma inversament proporcional al seu contingut en aigua. Així, s'han mesurat els valors del mòdul de deformació dinàmic (Evd) abans d'iniciar-se l'assaig, i amb posterioritat a la finalització cada 30 minuts i durant 3 hores (FIG. 15), per tal de veure el decaïment de la capacitat portant del paviment després de l'assaig, i com millora a mida que va drenant.

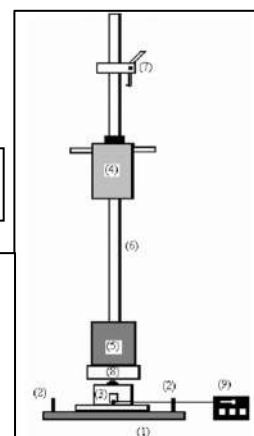
El mòdul dinàmic de deformació Evd en MPa (sense decimals) es calcula mitjançant l'equació (1) en funció de la màxima tensió normal $\sigma_{max} = 0,1$ MPa sota la placa de càrrega, el radi de la placa i el valor mig s_{max} (mm) dels assentaments mesurats, de la següent forma:

$$E_{vd} = 1,5 \times r \times \frac{\sigma_{max}}{s_{max}} = \frac{22,5}{s_{max}} \quad (1)$$

Les FIG. 12 i 13 mostren un esquema i fotografia del dispositiu.

FIG. 12: Esquema de la placa dinàmica, UNE 103807-2

- (1) Placa de carga
- (2) Asas
- (3) Sensor medidor de asiento
- (4) Maza suspendida
- (5) Conjunto de muelles
- (6) Barra o tubo guía
- (7) Mecanismo de liberación de la maza
- (8) Rótula
- (9) Equipo electrónico de medida



La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.

Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client..

Client:	BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A. A62320486
Obra:	Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça:	Plaça d'Armes
Població:	Barcelona

Núm. d'obra:	C160584	C202310
Expedient:	C20XI244	Albarà:
La seva referència:	PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT	
Data de recepció:	03/11/2020	
Dates assaig/s:	Inici: 03/11/2020	Final: 03/11/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME. ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A LA MOSTRA ANALITZADA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 12 de 16.

ACTA DE RESULTATS



FIG. 13: Placa dinàmica en funcionament

Donat el pendent del tram de prova, l'aigua s'ha anat acumulant en la zona baixa, i s'ha mantingut en ella durant un període de temps més llarg que a la zona alta. Per aquest motiu, a l'hora de fer els assaigs de placa dinàmica s'ha dividit el tram en 4 zones, per mirar d'observar diferències entre elles que puguin ser atribuïbles a diferents continguts d'aigua en el paviment. Així, les zones 4 i 1 (topogràficament més baixes) són les que més aigua acumularan i més trigaran en drenar, mentre que les zones 2 i 3 (topogràficament més altes) seran les que primer evacuaran l'aigua i ho faran cap a les zones 4 i 1. La FIG. 14 mostra les diferents zones sobre una planta del tram de prova

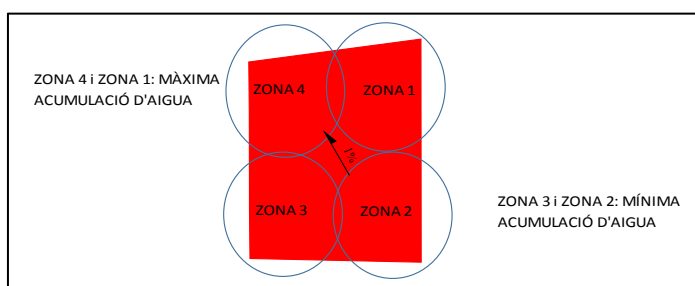


FIG. 14: Zonificació

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.

Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGDD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client: BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.
 A62320486
 Obra: Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
 Adreça: Plaça d'Armes
 Població: Barcelona

Núm. d'obra: C160584 C202310
 Expedient: **C20XI244** Albarà:
 PROVA D'INFILTRACIÓ
 MITJANÇAN SIMULACIÓ DE
 PLUJA EN TRAM DE PROVA DE
 SAULÓ COMPACTAT
 La seva referència:
 Data de recepció: 03/11/2020
 Dates assaig/s: Inici: 03/11/2020 Final: 03/11/2020

Destinatari:
BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.
 C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
 08018 - BARCELONA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME.
 ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A
 LA MOSTRA ANALITZADA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 13 de 16.

ACTA DE RESULTATS

TEMPS (min)	ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		VALOR MIG		VALOR MIG ZONES 2 I 3		VALOR MIG ZONES 1 I 4	
	ASSENTAMENT (mm)	Evd (Mpa)	ASSENTAMENT (mm)	Evd (Mpa)	ASSENTAMENT (mm)	Evd (Mpa)	ASSENTAMENT (mm)	Evd (Mpa)	ASSENTAMENT (mm)	Evd (Mpa)	ASSENTAMENT (mm)	Evd (Mpa)	ASSENTAMENT (mm)	Evd (Mpa)
0:00	0.95	24	0.61	37	0.57	39	0.86	26	0.75	32	0.59	38	0.90	25
1:00	1.27	18	1.11	20	1.30	17	2.01	11	1.42	17	1.21	19	1.64	14
1:30	1.27	18	0.93	24	1.26	18	1.46	15	1.23	19	1.09	21	1.36	17
1:50	1.27	18	0.91	25	1.08	21	1.44	16	1.17	20	1.00	23	1.35	17
1:50	1.26	18	0.88	26	1.02	22	1.40	16	1.14	20	0.95	24	1.33	17
2:20	1.23	18	0.84	27	0.89	25	1.39	16	1.09	22	0.87	26	1.31	17
2:50	1.22	18	0.78	29	0.87	26	1.34	17	1.05	22	0.83	27	1.29	18
2:50	1.21	19	0.76	30	0.84	27	1.14	18	0.99	23	0.80	28	1.18	18

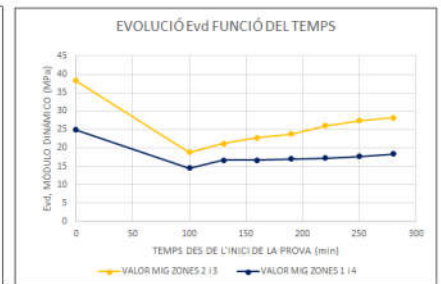
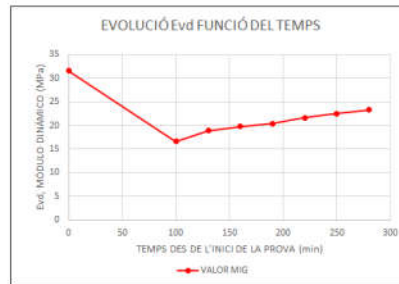
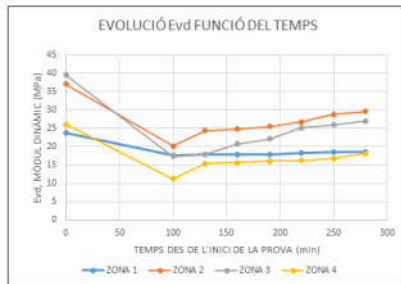


FIG. 15: Valors Evd obtinguts. Al gràfic de l'esquerra es mostren els resultats individuals per a cada zona, al central el valor mig de totes les zones, i al de la dreta les mites de les zones 2-3 (zones altes) i 1-4 (zones baixes)

Dels valors mesurats es desprèn que des de l'inici, abans de realitzar la simulació de pluja, ja existeix una diferència del 52% entre els valors dels mòduls dinàmics Evd de les zones 1 i 4 per una banda (Evd=25 MPa), i les zones 2 i 3 (Evd=38 MPa) per una altra.

El primer valor mesurat després de la simulació de pluja, als 100 min des de l'inici de l'assaig (en tan bon punt el sauló estava mínimament practicable i s'havia desmuntat el plàstic protector), els valors en totes les zones cauen dràsticament, sent especialment acusat el descens en les zones altes (2 i 3), de justament el 50%; es passa de 38 MPa a 19 MPa. A les zones baixes (1 i 4) el descens és del 44%, passant de 25 MPa a 14 MPa.

Les posteriors mesures espaiades en períodes de 30 minuts reflecteixen una recuperació més ràpida a les zones altes que a les baixes, tal i com mostren les línies del gràfic de la dreta, segurament degut al major contingut en aigua existent encara a la zona baixa.

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.

Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client:	BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A. A62320486
Obra:	Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça:	Plaça d'Armes
Població:	Barcelona

Núm. d'obra:	C160584	C202310
Expedient:	C20XI244	Albarà:
La seva referència:	PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT	
Data de recepció:	03/11/2020	
Dates assaig/s:	Inici: 03/11/2020	Final: 03/11/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

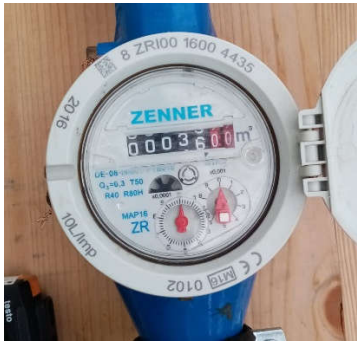



*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME.
ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A
LA MOSTRA ANALITZADA*

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 14 de 16.

ACTA DE RESULTATS

DOCUMENTACIÓ GRÀFICA

	
COMPTADOR: LECTURA INICIAL 36000 litres	COMPTADOR: LECTURA FINAL 36801.47 litres
	
INICI FORMACIÓ BASSES. 12:21 h	AIGUA ARRIBA CANTONADA BAIXA (ZONA 4) 12:23 h

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.
Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord.
El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client: BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.
A62320486
Obra: Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça: Plaça d'Armes
Població: Barcelona

Núm. d'obra: C160584 C202310
Expedient: **C20XI244** Albarà: PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT
La seva referència:
Data de recepció: 03/11/2020
Dates assaig/s: Inici: 03/11/2020 Final: 03/11/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 15 de 16.

ACTA DE RESULTATS



MÀXIMA INTENSITAT. 2775 l/h del minut 25 al 30, 12:30 a 12:35 h



INICI VESSAMENT A L'EXTERIOR CANTONADA BAIXA (ZONA 4) 12:33 h



DESAPAREIXEN BASSES PART ALTA (ZONES 2 i 3) 13:06 h



ASPECTE SUPERFICIAL DEL SAULÓ ALS 20 min DE FINALITZAT L'ASSAIG. 13:40 h

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.
Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord.
El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client..

Client: BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.
A62320486
Obra: Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça: Plaça d'Armes
Població: Barcelona

Núm. d'obra: C160584 C202310
Expedient: **C20XI244** Albarà: PROVA D'INFILTRACIÓ MITJANÇANT SIMULACIÓ DE PLUJA EN TRAM DE PROVA DE SAULÓ COMPACTAT
La seva referència:
Data de recepció: 03/11/2020
Dates assaig/s: Inici: 03/11/2020 Final: 03/11/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3^a i 4^a planta
08018 - BARCELONA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME. ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A LA MOSTRA ANALITZADA

CECAM Celrà, 06/11/2020

Full 16 de 16.

ACTA DE RESULTATS

ANNEX 1.

GRANULOMETRIES DEL SAULÓ. EXPEDIENT C20XG697

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.

Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGDD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client..

Client: BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.
A62320486
Obra: Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
Adreça: Plaça d'Armes
Població: Barcelona

Núm. d'obra: C160584 C202310
Expedient: **C20XG697** Albarà: 29867
La seva referència: Sauló 3er tram de prova
Data de recepció: 15/10/2020
Dates assaig/s: Inici: 16/10/2020 Final: 19/10/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3ª i 4ª planta
08018 - BARCELONA

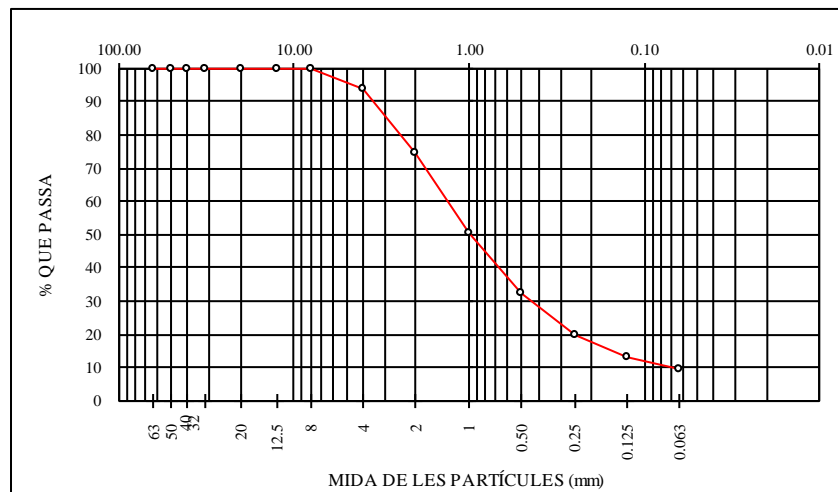
CECAM Celrà, 19/10/2020

Full 1 de 2.

ACTA DE RESULTATS

DESCRIPCIÓ DE LA MOSTRA: Mostra de sauló per granulometries. 3er tram de prova
PRESA DE MOSTRA: Mostra recollida a obra per personal del laboratori.

Quantitat	Codi	Descripció de l'assaig
1	AF18 **	Assaig per determinar les propietats geomètriques dels àrids. Part 1: Determinació de la granulometria de les partícules. Mètode del tamisat. UNE-EN 933-1:2012



MASSA TOTAL SECA (g)	400.5
----------------------	-------

METODE D'ANÀLISI: x Rentat i tamisat
Tamisat per via seca

TAMÍS (mm) UNE-EN 933-2	63	50	40	32	20	12.5	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.063
Retingut tamisos (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.3	78.4	95.3	73.4	49.0	26.6	15.0
Retingut acumulat (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.3	102.7	198.0	271.4	320.4	347.0	362.0
% QUE PASSA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.9	74.4	50.6	32.2	20.0	13.4	9.6

Document signat digitalment. CECAM - Celrà NIF: B17612607
Tècnic responsable: Luis Manuel Rodriguez Alonso DNI: 40981294D
Data de la signatura: 19/10/2020

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.
Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord.
El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client:	BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A. A62320486	
Obra:	Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)	
Adreça:	Plaça d'Armes	
Població:	Barcelona	

Núm. d'obra:	C160584	C202310
Expedient:	C20XG697	Albarà: 29867
La seva referència:	Sauló 3er tram de prova	
Data de recepció:	15/10/2020	
Dates assaig/s:	Inici: 16/10/2020	Final: 19/10/2020

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME.
ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A LA MOSTRA ANALITZADA

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3ª i 4ª planta
08018 - BARCELONA

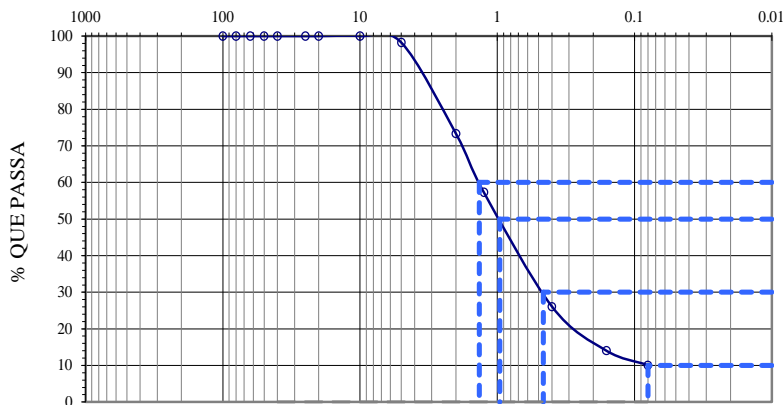
CECAM Celrà, 19/10/2020

Full 2 de 2.

ACTA DE RESULTATS

Quantitat	Codi	Descripció de l'assaig
1	SL03 **	Investigació i assaigs geotècnics. Assaigs de laboratori de sòls. Part 4: Determinació de la distribució granulomètrica per tamisat. UNE-EN-ISO 17982-4:2019

MIDA DE LES PARTÍCULES (mm)



CLASSIFICACIÓ UNE-EN ISO 14688-1	
% GRAVES	27
% SORRES	63
% < 0,080 mm	10

CLASSIFICACIÓ ASTM-D 2487-0 (U.S.C.S.)	
% GRAVES	2
% SORRES	88
% < 0,080 mm	10

Massa total seca (g)	310																							
Massa > 20 mm, rentada i seca (g)	0			Massa entre 20 i 5 mm, rentada i seca (g)					5						Fracció fina < 5 mm, assajada i seca (g)					304.53				
Tamis UNE 7050 (mm)	100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08										
Retingut tamisos (g)	0	0	0	0	0	0	0	0	5	77	49.69	96.88	37.29	12.34										
Retingut acumulat (g)	0	0	0	0	0	0	0	0	5	83	132.28	229.16	266.45	278.79										
% que passa	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.3	73.4	57.3	26.1	14.0	10.0										
PARÀMETRES GRANULOMÈTRICS	D60	D50	D30	D10	Cu	Cc	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$																	
	1.35	0.96	0.46																					

Observacions: (**) Assaigs inscrits al registre de Laboratori amb Declaració Responsable. Podeu consultar l'abast a <http://www.gencat.cat>

Document signat digitalment. CECAM - Celrà NIF: B17612607
Tècnic responsable: Luis Manuel Rodriguez Alonso DNI: 40981294D
Data de la signatura: 19/10/2020

La incertesa dels valors quantitatius està a disposició del client en cas que aquest ho demani. Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecama@cecama.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecama.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client: BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.
 A62320486
 Obra: Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)
 Adreça: Plaça d'Armes
 Població: Barcelona

Núm. d'obra: C160584 C202310
 Expedient: **C20XG697** Albarà: 29867
 La seva referència: Sauló 3er tram de prova
 Data de recepció: 15/10/2020
 Dates assaig/s: Inici: 16/10/2020 Final: 19/10/2020

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3ª i 4ª planta
 08018 - BARCELONA

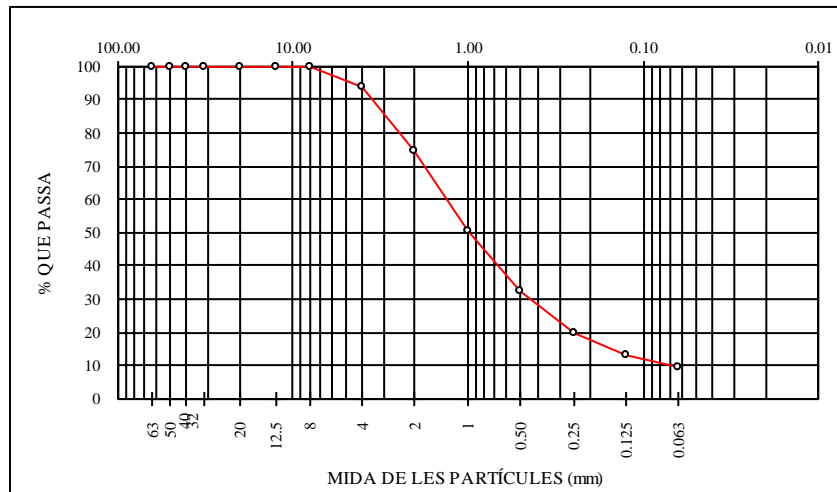
CECAM Celrà, 19/10/2020

Full 1 de 2.

ACTA DE RESULTATS

DESCRIPCIÓ DE LA MOSTRA: Mostra de sauló per granulometries. 3er tram de prova
 PRESA DE MOSTRA: Mostra recollida a obra per personal del laboratori.

Quantitat	Codi	Descripció de l'assaig
1	AF18 **	Assaig per determinar les propietats geomètriques dels àrids. Part 1: Determinació de la granulometria de les partícules. Mètode del tamisat. UNE-EN 933-1:2012



MASSA TOTAL SECA (g)	400.5
----------------------	-------

METODE D'ANÀLISI: x Rentat i tamisat
 Tamisat per via seca

TAMÍS (mm) UNE-EN 933-2	63	50	40	32	20	12.5	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	0.063
Retingut tamisos (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.3	78.4	95.3	73.4	49.0	26.6	15.0
Retingut acumulat (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.3	102.7	198.0	271.4	320.4	347.0	362.0
% QUE PASSA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.9	74.4	50.6	32.2	20.0	13.4	9.6

Document signat digitalment. CECAM - Celrà NIF: B17612607
 Tècnic responsable: Luis Manuel Rodriguez Alonso DNI: 40981294D
 Data de la signatura: 19/10/2020

La incertesa dels valors quantitius està a disposició del client en cas que aquest ho demani.
 Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecam@cecam.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecam.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord.
 El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.

Client:	BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A. A62320486	
Obra:	Millora del Parc de la Ciutadella. Fase 1: Plaça d'Armes (001.1619.001L03)	
Adreça:	Plaça d'Armes	
Població:	Barcelona	

Núm. d'obra:	C160584	C202310
Expedient:	C20XG697	Albarà: 29867
La seva referència:	Sauló 3er tram de prova	
Data de recepció:	15/10/2020	
Dates assaig/s:	Inici: 16/10/2020	Final: 19/10/2020

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓ PARCIAL D'AQUEST INFORME.
ELS RESULTATS OBTINGUTS CORRESPONEN ÚNICAMENT A LA MOSTRA ANALITZADA

Destinatari:

BIMSA, BARCELONA INFRAEST. MPALS., S.A.

C/ Bolívia, 105, 3ª i 4ª planta
08018 - BARCELONA

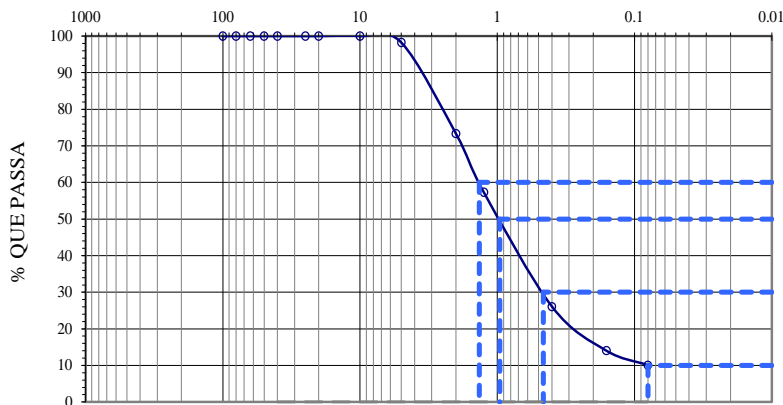
CECAM Celrà, 19/10/2020

Full 2 de 2.

ACTA DE RESULTATS

Quantitat	Codi	Descripció de l'assaig
1	SL03 **	Investigació i assaigs geotècnics. Assaigs de laboratori de sòls. Part 4: Determinació de la distribució granulomètrica per tamisat. UNE-EN-ISO 17982-4:2019

MIDA DE LES PARTÍCULES (mm)



CLASSIFICACIÓ UNE-EN ISO 14688-1	
% GRAVES	27
% SORRES	63
% < 0,080 mm	10

CLASSIFICACIÓ ASTM-D 2487-0 (U.S.C.S.)	
% GRAVES	2
% SORRES	88
% < 0,080 mm	10

Massa total seca (g)	310																	
Massa > 20 mm, rentada i seca (g)	0			Massa entre 20 i 5 mm, rentada i seca (g)					5					Fracció fina < 5 mm, assajada i seca (g)				304.53
Tamis UNE 7050 (mm)	100	80	63	50	40	25	20	10	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08				
Retingut tamisos (g)	0	0	0	0	0	0	0	0	5	77	49.69	96.88	37.29	12.34				
Retingut acumulat (g)	0	0	0	0	0	0	0	0	5	83	132.28	229.16	266.45	278.79				
% que passa	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.3	73.4	57.3	26.1	14.0	10.0				
PARÀMETRES GRANULOMÈTRICS	D60	D50	D30	D10	Cu	Cc												
	1.35	0.96	0.46															

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

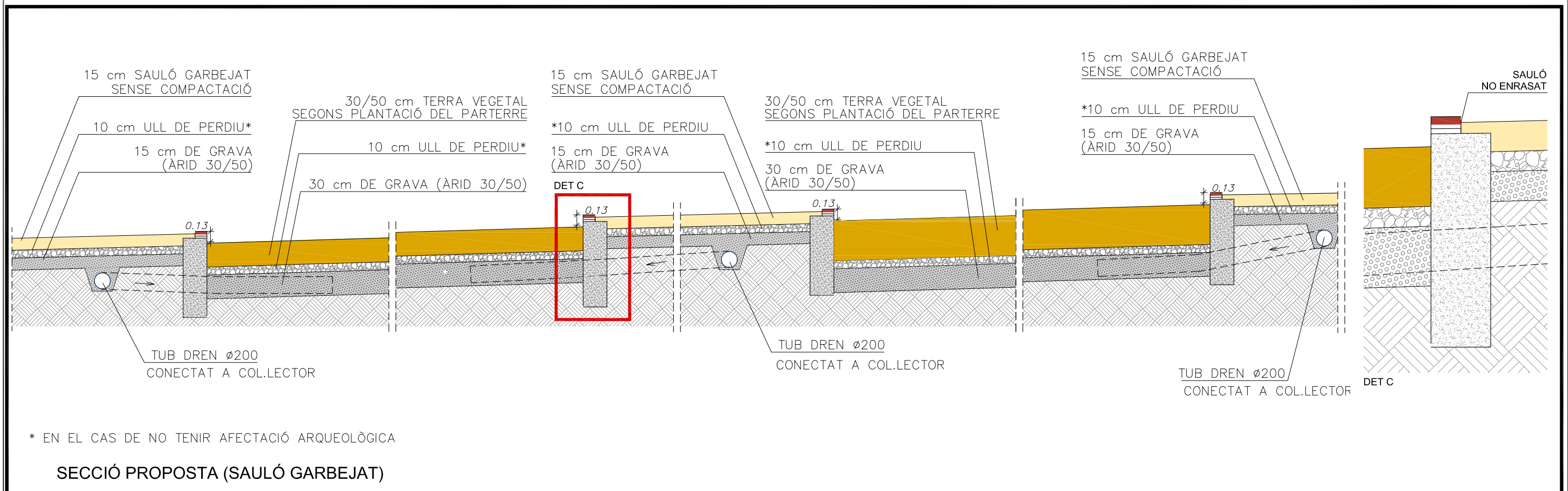
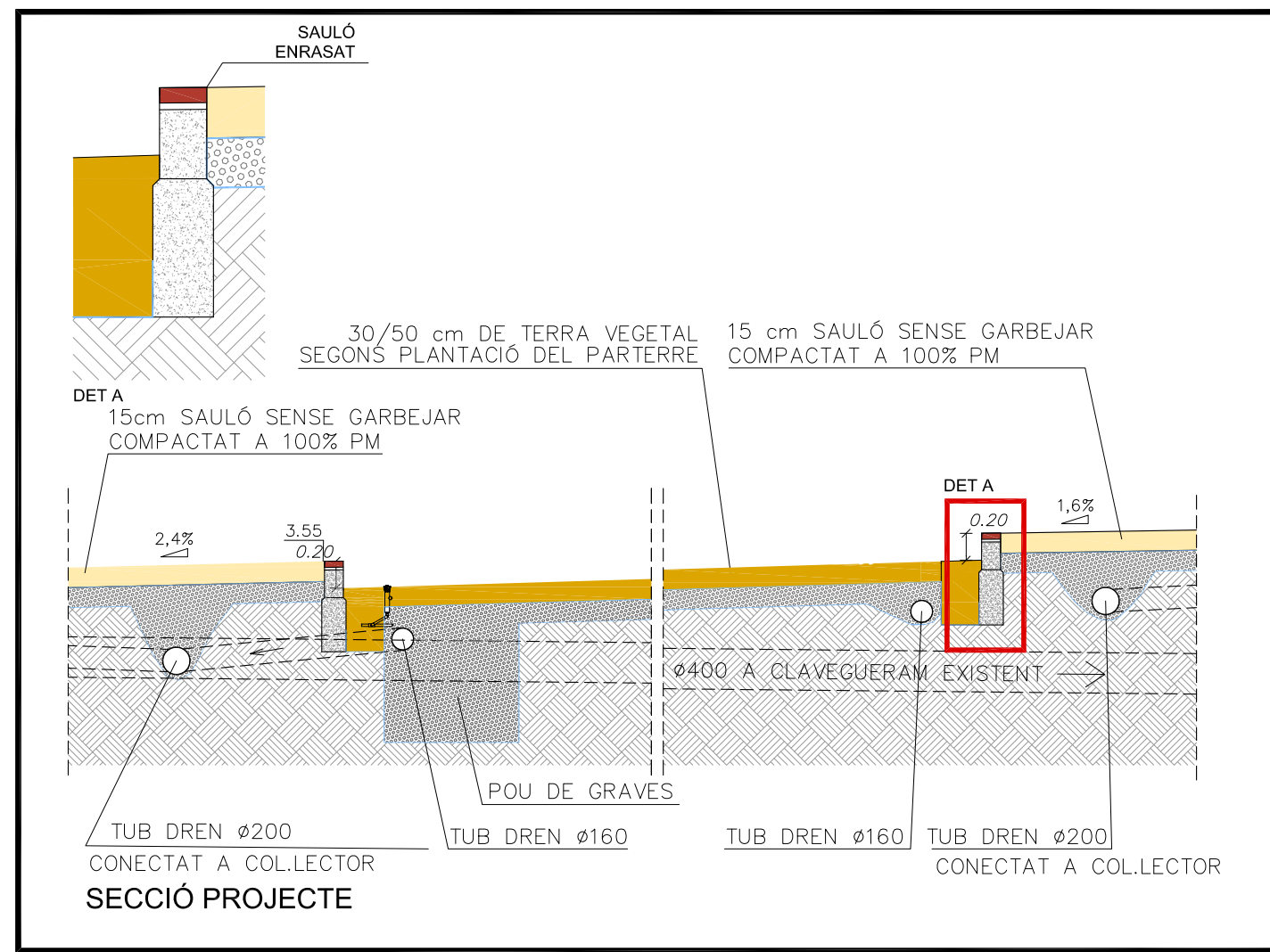
Observacions: (**) Assaigs inscrits al registre de Laboratori amb Declaració Responsable. Podeu consultar l'abast a <http://www.gencat.cat>

Document signat digitalment. CECAM - Celrà NIF: B17612607
Tècnic responsable: Luis Manuel Rodriguez Alonso DNI: 40981294D
Data de la signatura: 19/10/2020

La incertesa dels valors quantitatius està a disposició del client en cas que aquest ho demani. Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, S.L.U., (en endavant, CECAM) és Responsable del Tractament de les seves dades d'acord amb el RGPD i la LOPDGD, i les tracta per a mantenir una relació mercantil/comercial amb vostè. Les dades es conservaran mentre es mantingui aquesta relació i no es comunicaran a tercers a menys que procedeixi per imperatiu legal o per a la correcta prestació del servei. Pot exercir els drets d'accés, rectificació, portabilitat, supressió, limitació i oposició a CECAM, amb domicili Pol. Ind., c/Pirineu, s/n, 17460- Celrà o enviant un correu electrònic a cecama@cecama.com. Per a qualsevol reclamació pot acudir a agpd.es.

Per a més informació pot consultar la nostra política de privacitat a www.cecama.com.

Els termes i condicions d'aquest document són estrictament confidencials entre el client i CECAM. Cap de les dues parts podrà revelar a un tercer qualsevol informació que s'inclouï sense la prèvia autorització per escrit de l'altre part en virtut d'aquest acord. El laboratori no es responsabilitza de les dades facilitades pel client.





Laberint Vegetal (Imatge Feu Godoy Arquitectes)

MILLORA DE LES CONDICIONS DE CREIXEMENT I ESTAT FISIOLÒGIC DE L'ELEMENT VEGETAL DINS DEL PARC DEL LABERINT D'HORTA, AL DISTRICTE D'HORTA-GUINARDÓ (BARCELONA). INFORME DE RESULTATS DE LES PROVES PILOT DE INFILTRACIÓ ALS PAVIMENTS.

Barcelona, 15 de març de 2022

Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal. Ecologia Urbana de l'Ajuntament de Barcelona.



AGENTS DE L'ESTUDI

Promotor i autor de l'estudi

Parcs i Jardins de Barcelona, Institut Municipal.
Ecologia Urbana de l'Ajuntament de Barcelona. C/.
Torrent de l'Olla, 218-220, 5a., 08012 Barcelona,

Direcció Tècnica

Izaskun Martí, Directora Tècnica. Direcció Tècnica
i d'Avaluació. Parcs i Jardins de Barcelona, IM

Tècnic responsable

Gabino Carballo, Tècnic Superior del Verd, Parcs i
Jardins de Barcelona, IM, gcarballo@bcn.cat,
Telèfon 93 291 4194 / 628 099 879

Autor tde la memòria i direcció de la realització de les proves

Josep Cónsola i Serra, Enginyer Tècnic Agrícola,
Col·legiat nº 3576, C/ Generalitat de Catalunya, 3,
25220_Bell-lloc d'Urgell. jconsola@agrifor.org

Contingut

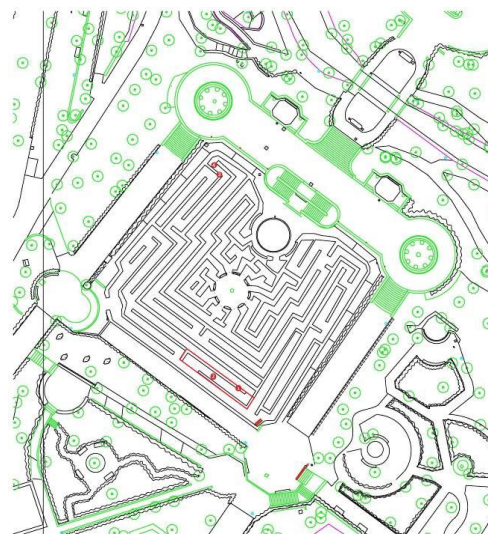
MILLORA DE LES CONDICIONS DE CREIXEMENT I ESTAT FISIOLÒGIC DE L'ELEMENT VEGETAL DINS DEL PARC DEL LABERINT D'HORTA, AL DISTRICTE D'HORTA-GUINARDÓ (BARCELONA). INFORME DE RESULTATS DE LES PROVES PILOT DE INFILTRACIÓ ALS PAVIMENTS.....	1
AGENTS DE L'ESTUDI	1
1. ANTECEDENTS	4
Emplaçament.....	4
Resum històric.....	4
2. JUSTIFICACIÓ	6
3. ESTAT ACTUAL	7
4. OBJECTE.....	8
5. DESCRIPCIÓ DE LES PROVES	8
6. TERMINI D'EXECUCIÓ	9
7. PRESSUPOST	9
8. NORMATIVA D'APLICACIÓ.....	9
9. PROVA PILOT	10
Resum dels resultats de les analítiques de sòl.....	12
Resum dels resultats de les proves de infiltració	13
10. Establiment de la prova pilot	13
Tractament nº 1:	13
Tractament nº 2:	14
Tractament nº 3:	14
Materials:	15
11. Resultats obtinguts.....	16
1. ANNEXES.....	18

1. ANTECEDENTS

Emplaçament



6. Emplaçament del Parc del Laberint d'Horta



7. Emplaçament de l'actuació dins el Parc

Resum històric

El Laberint d'Horta és un parc històric de Barcelona i un dels jardins més antics que perduren a la ciutat. Situat a la falda de Collserola, va ser ideat per Joan Antoni Desvalls, marquès de Llupià, del Poal i d'Alfarràs, Soci i creador de diverses societats científiques i econòmiques de l'època que li tocà viure va ser un noble amant de la ciència, la natura i l'art, passions que va conjugar en la construcció dels jardins, especialment el laberint vegetal. Seguint les idees del neoclassicisme i en col·laboració amb el mestre d'obres Josep Mas i l'escultor italià Domenico Bagutti, el marquès va idear un jardí amb jocs d'aigua, templets, escultures, relleus que representen personatges de la mitologia grecoromana i que simbolitzen els diversos nivells de l'amor. La peça central del jardí és un laberint vegetal format per 781 metres de xiprers retallats inspirat pel mite de Teseu: qui aconsegueix arribar al centre troba l'amor com a recompensa.

Per les dades que ens aporta la informació escrita més actual sabem que els treballs del Laberint es van començar a fer a finals d'octubre de 1793, amb el desmunt de terres per anivellar el terreny. Amb data de 19 de gener es registra el pagament dels treballs d'excavació i terraplenat en una nota signada per Josep Mas, un mestre d'obres. Les plantacions es van començar a fer a inicis de 1794, suposadament sota la supervisió del jardiner francès Delvalet, fent el replanteig i excavant les rases que de plantació que havien de fer 4 pams d'ample i 3 de fons. En una nota de 12 de febrer de 1794 Josep Mas indica que s'han pagat 32 lliures, 8 sous i 3 diners per fer aquestes rases.

A l'octubre de 1796 Rafael Amat i de Cortada (el Baró de Maldà) va visitar la finca i refereix el Laberint vegetal : *"Hem pujat, luego de vist un descomunal promontori de pedres, que tot alló són sortidores d'aigua rajant de pedra en pedra des del capdamunt —a modo de muntanya de Montserrat per sos figurats còncavos— al gran safareig quadrat, ab pas enrajolat d'uns vuit pams, frente de la llarga escalinata i immediat laberinto de xipressos i altres arbustos."*

Bagutti va ser contractat amb data de 14 de maig de 1798. El darrer pagament als germans Mas és 16 de novembre de 1799, pagament que tramita el fill de Pau Mas, Josep Mas i Vila. Sembla que la intervenció de Bagutti s'adapta i es superposa a la proposta dels germans Mas i segurament, va modificar alguns elements. Així, per exemple, el relleu de l'entrada, fet per l'escultor (Manuel) Oliver, és de 1802.

Cap dels dos plànols originals on es dibuixa el Laberint estan datats. Tots dos estan fets amb criteris força diferents des d'un punt de vista tècnic. El primer se'l pot considerar més antic i segurament es pot considerar un projecte dels germans Mas. El segon, que és el que té els amidaments i té dibuixat a llapis un alçat de les escales que pugen a la terrassa dels templets, es pot considerar que és un aixecament fet per Bagutti. Tot i que no és una dada definitiva, en la mesura que a l'alçat no hi ha dibuixada la gruta d'Eco i que, en canvi, per la documentació escrita, sabem que aquesta gruta es va fer l'any 1802, abans de la visita de Carles IV, podem considerar que aquest plànol es va fer entre 1799 i 1802. Bagutti va treballar-hi fins al 1808 i posteriorment es va fer una intervenció important a càrrec d'Elías Rogent.

La família Desvalls va mantenir la propietat de la finca fins als anys 70, quan va passar a mans de l'Ajuntament. Es va inaugurar com a parc públic el 1971. El 1994 se'n va fer una restauració en profunditat, que en va transformar la concepció a la categoria de jardí museu.

Actualment, el parc ocupa una superfície aproximada de 9 hectàrees i amb dues parts popularment diferenciades com jardí neoclàssic i el jardí romàntic. Hi destaquen la varietat botànica i l'abundància ornamental, així com els elements arquitectònics propis dels jardins romàntics com els templets, el canal d'aigua i escultures, a més del palau de la família Desvalls.

Avui en dia, el Laberint vegetal, tot i no ser el refugi de cap Minotaure, posa a prova el sentit de l'orientació de qui hi entra.



1. Evolució històrica del Laberint Vegetal. (Imatge Feu Godoy Arquitectes)

2. JUSTIFICACIÓ

El Parc de Laberint d'Horta és un jardí privat, creat al llarg dels segles XVIII i XIX i que reflecteix els interessos científics del seu promotor, el Marquès d'Alfarràs. És tracta d'un espai amb un interessant tractament de l'aigua, sens dubte protagonista de tot el Parc, exemple de racionalització d'un recurs escàs però que gràcies a la creació de diversos dipòsits i una distribució adient de fons de doble ús, ornamental i de reg, permeté la creació de l'espai que avui es pot veure que té com element més característic el que li dona nom, el Laberint.

Amb la recuperació per a la ciutat d'aquest espai, l'ús del Laberint va passar de ser privatiu i ocasional a ser públic i de lliure accés per als visitants. Aquest canvi cap a un ús intensiu ha suposat una evolució desfavorable de les condicions edàfiques, com conseqüència del pas continuat de visitants i la compactació i alteració de les característiques físiques dels camins, que per la natura del Laberint, també són l'espai de desenvolupament del sistema radical de les bardisses de xiprer que el conformen.

Tot plegat el canvi i evolució de les condicions d'ús del laberint ha resultat en la compactació del material granular que conforma el paviment, el sauló, i en l'aparició d'una sèrie de problemes derivats com la degradació del drenatge i la possible asfíxia radicular, que dificulten el creixement del xiprer i afavoreixen l'aparició d'altres patologies que comprometen la viabilitat a llarg termini del laberint vegetal existent.

L'evolució desfavorable de l'edafologia i el drenatge del laberint vegetal dificulta les tasques de reposició de la bardissa de xiprer, que no creix al ritme esperat i per tant compromet la conservació a llarg termini d'aquest element patrimonial de la ciutat de Barcelona.

Atès que en el passat s'han realitzat diverses intervencions per millorar tant el drenatge com la qualitat del subsòl del laberint sense èxit, la Direcció Tècnica de Parcs i Jardins de Barcelona, d'acord amb la Comissió de Jardins Històrics ha plantejat de realitzar un estudi tècnic de les condicions reals del laberint que inclogui una prova pilot per tal d'establir un tipus de ferm que millori el drenatge, sigui sostenible en relació al seu ús públic i no entri en conflicte amb el caràcter històric i patrimonial d'aquest monument.

A tal efecte es realitza l'encàrrec a Josep Cónsola i Serra, Enginyer Tècnic Agrícola Col·legiat nº 3576, per redactar una proposta de memòria valorada amb les previsions necessàries per al disseny, execució i seguiment d'una prova pilot d'avaluació de solucions tècniques de paviment granular drenant per a l'adequació dels vials del Laberint vegetal

Aquesta prova pilot forma part dels treballs inclosos en el "Contracte d'assistència tècnica per a la definició d'un protocol d'actuació per a la millora de les condicions de creixement i estat fisiològic de l'element vegetal del Laberint d'Horta, al districte d'Horta-Guinardó de la ciutat de Barcelona", corresponent de l'expedient 19/0289-00-CP/01 i es redacta a instància dels següents antecedents:

- A. Actualment el viari del Laberint, presenta seriosos problemes de drenatge superficial, que impossibiliten el bon ús de la instal·lació després d'un episodi de pluges considerat "normal", en casos d'episodis de pluges intenses, es produeixen arrossegaments i deteriorament del ferm dels camins que obliguen a continues reparacions del ferm i a netejar els desguassos.
- B. Els camins van ser sotmesos a una intervenció a la capa més superficial del ferm, aprofundint uns 30-40 cm, per millorar el seu drenatge. Aquesta intervenció va consistir en

una passada d'estri cavador, per la granulometria dels components del ferm, amb alt contingut d'elements fins. Aquesta operació va causar un "amassat" dels components del ferm i la formació d'una sola o capa allisada al plànol de tall de les ganivetes, per haver-se humectat per poder portar a terme la intervenció, empitjorant les condicions de drenatge del ferm.

- C. Les deficientes condicions físiques dels camins i els continus entollaments resulten perjudicials per als xiprers que formen les bardisses de xiprer del Laberint, que han anat envellint prematurament i es fa necessari substituir amb garanties que ara mateix no es donen, vista l'evolució dels trams de vegetació plantats els darrers anys.

3. ESTAT ACTUAL

El vials que conformen la part d'obra civil del laberint vegetal està formada per uns vials amb una secció transversal que no és la millor per afavorir l'evacuació de les aigües i el bon drenatge i els materials que componen el ferm tenen un alt contingut en fins impermeabilitzant la superfície, el que afavoreix la formació de reguerots, tolls i bassals que tendeixen a generar fangs superficials.



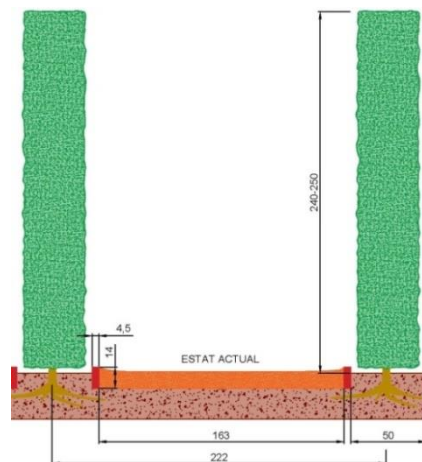
2. Geometria còncava del camí



3. Tall Sol impermeable



4. Xiprers envellits



5. Croquis de l'estat actual, amb capa impermeable de superfície.

4. OBJECTE

Pel que respecta a l'objectiu de les obres que s'han d'executar, tal com es menciona als antecedents, sorgeix per la necessitat d'adaptar l'actual paviment a les condicions d'ús actuals, tant pel que fa a l'increment d'usuaris degut a l'interès turístic i cultural que presenta el Parc del Laberint, com facilitar l'accés al Laberint, a les persones amb mobilitat reduïda, que en les condicions actuals, després d'un episodi de pluges poden tenir dificultats per transitar pels camins amb fang i bassals.

La prova pilot comporta la formació d'un tram de paviment amb diversos gruixos de components per avaluar el seu funcionament en condicions d'ús real.

El paviment que es proposa per la prova és una sèrie de capes d'àrids -un Macadam modificat- inspirat en els paviments històricament utilitzats en parcs amb tràfic de vehicles lleugers de tracció animal i instal·lacions agràries.

El paviment consisteix en una subbase de graves granítiques provinents de pedrera i sense elements fins, d'un diàmetre aparent de 25-40 mm barrejades amb un enceball que és el responsable de "lligar" aquesta subbase, es contemplen dos tipus d'enceball, un compost per sauló garbellat en un 85% amb un 15% de grava volcànica de diàmetre aparent màxim de 12 mm i un altre format exclusivament per sauló garbellat.

Amb aquesta prova es proposa avaluar el funcionament pel que fa a la capacitat drenant i a la resistència a l'ús continuat, així com les necessitats de manteniment dels dos tractaments.

Per als dos tipus de materials, també es proposen dos gruixos diferents de la subbase, uns tractament amb 20 cm de macadam i un recobriment d'enceball de 3 cm i un altre amb 10-15 cm de macadam i un recobriment d'enceball de 10 cm.

En total són quatre tractaments que permetran avaluar el comportament del vial segons uns intervals de materials preestablerts.

5. DESCRIPCIÓ DE LES PROVES

L'obra consisteix en l'adequació d'un tram del viari del Laberint, tant pel que fa a les plantacions com el sistema de reg i el ferm, per tal d'avaluar el seu funcionament pel que fa al drenatge superficial, estant el tram de la instal·lació sotmès a un ús normal.

L'obra contempla la substitució dels xiprers, aportació i millora de terres i l'adequació del ferm.

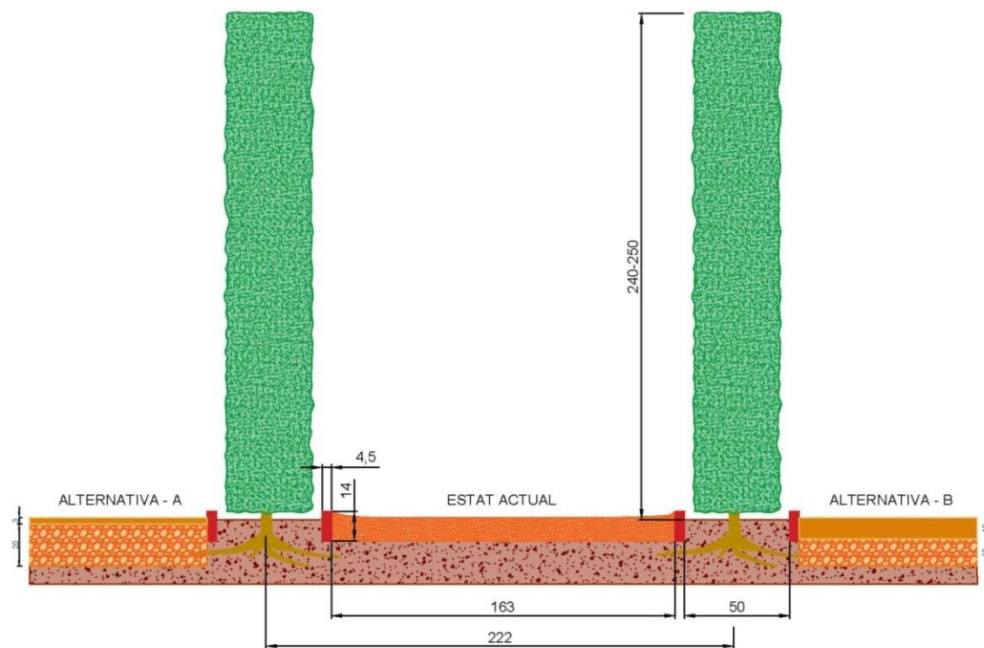
El paviment que es proposa és un Macadam modificat inspirat en els paviments històricament utilitzats en parcs amb tràfic de vehicles lleugers de tracció animal i instal·lacions agràries.

El paviment consisteix en una subbase de graves granítiques provinents de pedrera i sense elements fins, d'un diàmetre aparent de 25-40 mm barrejades amb un enceball que és el responsable de "lligar" aquesta subbase, es contemplen dos tipus d'enceball, un compost per sauló garbellat en un 85% amb un 15% de grava volcànica de diàmetre aparent màxim de 12 mm i un altre format exclusivament per sauló garbellat.

Per als dos tipus de materials, també es proposen dos gruixos diferents de la subbase, uns tractament amb 20 cm de macadam i un recobriment d'enceball de 3 cm i un altre amb 10-15 cm de macadam i un recobriment d'enceball de 10 cm.

L'assentament de la subbase es farà mitjançant mitjans mecànics lleugers (granota), per tal d'evitar desplaçaments de les vorades i compactació excessiva del sol subjacent.

La intervenció es farà prioritzant els mitjans manuals o maquinaria molt lleugera i en aquest darrer cas, sempre suportada per cadenes de goma per tal d'evitar compactacions innecessàries.



6. Esquema de tractaments

6. TERMINI D'EXECUCIÓ

D'acord amb els rendiments prevists s'expressa un termini d'execució de 20 dies hàbils.

7. PRESSUPOST

Es considera un pressupost de licitació pels treballs de la Prova Pilot de Firms al Laberint del Parc del Laberint d'Horta de DOTZE MIL DOS-CENTS DEU EUROS AMB CINQUANTA-UN CÈNTIMS, import que inclou el Benefici Industrial i les Despeses Generals, però no l'IVA.

8. NORMATIVA D'APLICACIÓ.

- PLEC DE PRESCRIPCIONS TÈCNiques PER AL DISSENY, L'EXECUCIÓ I LA RECEPCIÓ D'ESPais VERDS,
- NTJ 01A Part 1 - ACCESSIBILITAT ALS ESPais VERDS D'ÚS PÚBLIC DE LES PERSONES AMB LIMITACIONS O MOBILITAT REDUÏDA: itineraris i elements d'urbanització i de jardineria
- NTJ 01A Part 2 - ACCESSIBILITAT ALS ESPais VERDS D'ÚS PÚBLIC DE LES PERSONES AMB LIMITACIONS O MOBILITAT REDUÏDA: mobiliari adaptat i espais d'ús comú accessibles
- NTJ 01K Part 2 - RECOMANACIONS DE PROJECTE DE DRENATGE: dispositius d'infiltració

Barcelona a 27 d'abril de 2020.

El redactor: Josep Cónsola i Serra, Enginyer Tècnic Agrícola Col·legiat 3576

9. PROVA PILOT

Al Laberint del Parc del Laberint d'Horta està previst fer la prova pilot a la zona destinada a aquest fi tal com es va decidir des del començament, és la zona més conflictiva pel que fa a deficiències de drenatge. La zona de la prova fa 14 metres de llarg i una amplada de 1,6 m, i preveiem un rebaix uniforme de 50 cm, per la qual cosa el volum de terres extret serà de $14 \times 1,6 \times 0,5 = 11,2 \text{ m}^3$ teòrics, si suposem un esponjament del 15% pel material extret podem suposar que el volum a gestionar serà aproximadament de $11,2 \times 1,15 = 12,88 \text{ m}^3 \approx 13 \text{ m}^3$

S'estableixen 3 tractaments diferents en superfícies de $4,7 \times 1,6 \approx 7,5 \text{ m}^2$

Durant aquesta fase, a part de la recerca prèvia de informació i les entrevistes amb els responsables del manteniment del Laberint, també s'han portat a terme les tasques de camp, consistents en la presa de mostres de sòl i les proves de infiltració, tant de la zona de creixement de la tanca com dels camins. La obtenció de les mostres s'ha fet amb un mínim impacte mitjançant una barrina normalitzada, prenent-se les mostres de la zona de creixement radicular.

Les proves de infiltració tant en els parterres de Xiprer com en els camins, aquest assaig s'ha fet mitjançant un infiltròmetre de disc.

Al llarg d'aquesta fase, en base a la hipòtesi de partida, d'acord amb el personal encarregat del manteniment del Parc i la consulta de la informació històrica disponible, per tal d'evitar qualsevol dany en les instal·lacions històriques que hi pogués haver, s'ha establert una zona de control en la qual s'efectuaran les proves pertinents.



7. Plànol de instal·lacions hidràuliques segons Bagutti, 1821 (Arxiu Municipal)

S'han efectuat 5 cales, 4 amb barrina de presa de mostres, per tal d'extreure els testimonis que s'han portat a analitzar a Laboratoris Escuredo, el resultat de les analítiques s'adjunten com annex.

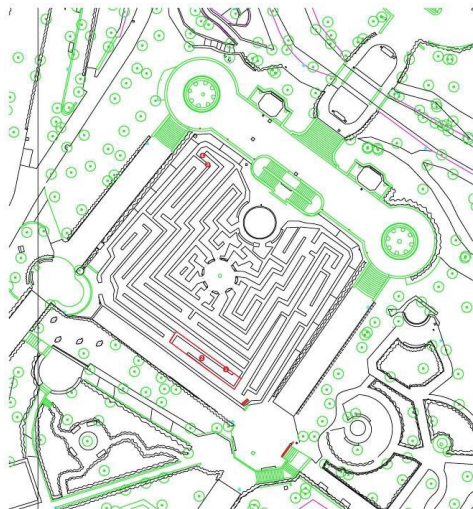
Paral·lelament a cada zona d'extracció de mostra s'ha efectuat una prova de infiltració mitjançant un infiltròmetre de disc, per tal d'avaluar les característiques hidràuliques del sòl.



8. Infiltròmetre de disc

La cinquena cala s'ha efectuat a la zona de control i ha consistit en realitzar una rasa manual transversal a la zona de pas fins a arribar a la zona de canvi de substrat, s'ha pogut constatar que a 25-30 cm de profunditat apareixia una "sola de llaurada" i que el canvi de substrat apareixia als 30-35 cm de profunditat, zona que comença a estar colonitzada per les arrels de la tanca de Xiprer.

La "sola de llaurada" podria haver estat causada per una intervenció de cava mitjançant motocultor o fresa rotativa a tota la superfície dels camins.



9. Ubicació de les mostres i la zona de la prova pilot i situació de la sola de llaurada



10. Procediment de presa de mostres

Resum dels resultats de les analítiques de sòl

Com a comentaris resum de les anàlisis de sòls cal dir que les mostres agafades de la zona de creixement dels Xiprers presenten bona qualitat, tant a nivell de fertilitat física com química, tractant-se de coníferes caldria pujar una mica el magnesi i equilibrar la resta de macronutrients.

Les analítiques dels camins, presenten uns percentatges d'elements grossers mitjosbaixos i uns percentatges d'elements fins alts, això per sí ja comporta problemes de drenatge, a part, a la zona de la prova pilot, que es troba a la zona baixa del laberint hi ha acumulació de sals amb alts nivells de sodi, que dispersen les argiles fent que el sòl sigui pràcticament impermeable.

DETERMINACIÓ	MÈTODE	UNITATS	MOSTRA 1 PARTERRE		MOSTRA 2 CAMÍ		MOSTRA 3 PARTERRE		MOSTRA 4 CAMÍ	
			VALORS	NIVELLS	VALORS	NIVELLS	VALORS	NIVELLS	VALORS	NIVELLS
pH H ₂ O (1:2,5)	Potenciomètric	Unit. pH	8,00	Fortament bàsic	8,28	Fortament bàsic	7,90	Mitjanament bàsic	8,63	Fortament bàsic
M.O. Oxidable	F. Van Benmelen	%	5,15	Alt	0,43	Deficitari	6,08	Alt	0,86	Baix
Nitrogen total	Kjeldahl	%	0,19	Alt	0,04	Deficitari	0,23	Alt	0,08	Deficitari
Relació C/N	-	-	15,41	Alt	5,81	Molt Baix	15,62	Alt	6,17	Baix
Carbonats totals	Calcimetre Bernard	%	2,99	Alt	16,50	Mig	5,47	Feble	5,52	Feble
Fòsfor assimilable	Olsen	ppm	5,00	Deficitari	2,00	Deficitari	55,00	Alt	2,00	Deficitari
C.E. (1:5)	Conductimètric	mmhos/cm	0,15	Baix-No salí	0,69	Alt-Sòl salí	0,17	Baix-No salí	0,20	Baix-No Sali
Calci assimilable	Extr.NH ₄ CO ₃ ;pH=7,0. AAS	meq/100 g	38,60	Molt alt	39,21	Molt Alt	30,33	Molt alt	23,89	Mig
Magnesi assimilable	Extr.NH ₄ CO ₃ ;pH=7,0. AAS	meq/100 g	3,10	Mig-Baix	3,78	Mig	2,93	Mig	2,63	Mig
Sodi assimilable	Extr.NH ₄ CO ₃ ;pH=7,0. AES	meq/100 g	0,32	Baix	0,14	Mig-Alt	0,42	Baix	1,10	Mig
Potassi assimilable	Extr.NH ₄ CO ₃ ;pH=7,0. AES	meq/100 g	0,36	Mig	0,14	Deficitari	0,34	Mig	0,14	Deficitari
Suma de cations	Extr.NH ₄ CO ₃ ;pH=7,0. AES	meq/100 g	42,38	-	45,08	-	34,02	-	27,76	-
Capacitat total de bescanvi	Met. Ofic. Anal. 1994	meq/100 g	23,57	Alt	7,85	Baix	22,70	Molt alt	9,83	Baix
Grau de saturació	Met. Ofic. Anal. 1994	%	100,00	Saturat en Bases	100,00	Saturat en Bases	100,00	Saturat en Bases	100,00	Saturat en Bases
Grava (> 2mm Ø)	Tamitzat	%	27,92	Mig	17,94	Baix	13,16	Baix	23,72	Mig
Terra fina (≤ 2 mm Ø)	Tamitzat	%	72,08	Alt	82,06	Molt Alt	86,84	Molt Alt	76,28	Alt
GRANULOMETRIA 5 FRACCIONS										
Arena grossa (2-0,5 mm Ø)	Tamitzat	%	11,02		6,77		32,18		27,96	
Arena fina (0,5-0,05 mm Ø)	Tamitzat	%	21,54		17,34		30,05		28,67	
Llim groller (0,05-0,02 mm Ø)	Pipeta Robinson	%	13,69		21,19		8,57		9,28	
Llim fi (0,02-0,002 mm Ø)	Pipeta Robinson	%	26,50		39,87		13,40		16,15	
Argila (< 0,002 mm Ø)	Pipeta Robinson	%	27,24		14,73		15,81		17,94	
Classificació Textural	U.S.D.A.	-	-	Franca-Fr. Argilosa		Franca		Franca		Franca
Família Textural	U.S.D.A.	-	-	Franca fina		Franca grossa		Franca grossa		Franca fina-Franca

11. Quadre resum dels resultats de les analítiques

Resum dels resultats de les proves de infiltració

Pel que fa a les característiques hidràuliques dels sòls on s'han fet les proves de infiltració estan d'acord amb els resultats de les anàlisis de textures, així els sòls de les zones plantades presenten una alta taxa de infiltració i els sòls dels camins presenten una taxa de infiltració gairebé nul·la.

Les proves i anàlisis efectuades validen la hipòtesi de partida, per la qual cosa pot començar-se a establir a la zona de control la prova pilot pel que fa als camins, que hauria de consistir en la substitució dels 30-40 cm superiors del camí, amb problemes de granulometria per un substrat amb abundància d'elements grollers però que alhora permeti la circulació dels usuaris amb mobilitat reduïda.

POSICIÓ	SITUACIÓ	VALORS	UNITATS	CARÀCTER
1-P	Zona de creixement tanca	≈ 2,52	cm/s	Alta infiltració
2-C	Zona camí	≈ 0,00028	cm/s	Baixa infiltració
3-P	Zona de creixement tanca	≈ 7,54	cm/s	Alta infiltració
4-C	Zona camí	≈ 0,00012	cm/s	Baixa infiltració

12. Quadre resum dels resultats de les proves de infiltració

10. Establiment de la prova pilot

En data 22/03/2021, es van iniciar les tasques d'establiment de la prova pilot, que consisteix en l'establiment de tres zones de control amb diferents composicions granulomètriques pel que fa als components del paviment, la prova s'estableixen la zona més conflictiva pel que fa a deficiències de drenatge.

La zona de la prova fa 14 metres de llarg i una amplada de 1,6 m, i preveiem un rebaix uniforme de 50 cm, per la qual cosa el volum de terres extret serà de $14 \times 1,6 \times 0,5 = 11,2 \text{ m}^3$ teòrics, si suposem un esponjament del 15% pel material estret podem suposar que el volum a gestionar serà aproximadament de $11,2 \times 1,15 = 12,88 \text{ m}^3 \approx 13 \text{ m}^3$

Tractament nº 1:

El primer tractament es situa a la part menys problemàtica a l'inici de la zona de proves costat Llobregat consisteix en una subbase de grava de pedrera de pedra granítica de 25 cm de gruix, grandària màxima de 50 a 70 mm. amb estesa i piconatge del material amb mitjans manuals i/o mecànics, a sobre la que s'estén una capa d'ull de perdiu de diàmetre de 3 a 7mm, amb estesa de 10 cm de gruix i piconatge del material amb mitjans manuals i/o mecànics i sobre aquesta una base de sauló per paviments, segons el PCT d'Espais verds de 15 cm de gruix:

“La composició estàndard del sauló per paviments és de 80 % de sorres, 4 % de llims, 16 % d'argiles, de textura franco-arenosa, compactable en capes de 30 cm. Cal que sigui garbellat per controlar tant la fracció màxima com la fracció que passa pel tamís 0.08 (UNE 103101:1995), que ha de ser inferior al 12%, en pes, per garantir la seva estabilitat i reduir el percentatge de pols i plasticitat. Cal que provingui de activitats extractives autoritzades per garantir l'homogeneïtat del subministrament, especialment quan s'especifiqui una coloració particular. La tolerància d'execució dels paviments de sauló s'estableix en un nivell: $\pm 15 \text{ mm}$, replanteig: $\pm 10 \text{ mm}$, i planor: $\pm 5 \text{ mm} / 3 \text{ m}$ ”

Tractament nº 1

Material	Superfície m ²	Gruix m	Esponjament %	Volum total aportació (m ³)
Sauló estàndard	7,50	0,15	20,00%	1,35
Ull de perdiu 3-7 mm	7,50	0,10	10,00%	0,83
Grava 50-70 mm	7,50	0,25	10,00%	2,06
Total	7,50	0,50		4,24

Les tres capes, es compactaran mitjançant corró manual autopropulsat de 600 kg o bé amb safata compactadora els volums d'aportació de cada material per aquest tractament es detalla en el quadre adjunt, considerant un esponjament del 20% per al sauló i un increment per reubicació i penetració al fons de la caixa del 15% per la resta de materials.

Tractament nº 2:

El segon tractament es situa a la part central de la zona de proves, consisteix en una subbase de grava de pedrera de pedra granítica de 25 cm de gruix, grandària màxima de 50 a 70 mm. amb estesa i piconatge del material amb mitjans manuals i/o mecànics, a sobre la que s'estén una capa d'ull de perdiu de diàmetre de 3 a 7mm, amb estesa de 10 cm de gruix i piconatge del material amb mitjans manuals i/o mecànics i sobre aquesta una base de sauló garbellat segons les especificacions adjuntes de 15 cm de gruix: Les tres capes, es compactaran mitjançant corró manual autopropulsat de 600 kg o bé amb safata compactadora.

Tractament nº 2

Material	Superfície m ²	Gruix m	Esponjament %	Volum total aportació (m ³)
Sauló garbellat prova	7,50	0,15	20,00%	1,35
Ull de perdiu 3-7 mm	7,50	0,10	15,00%	0,86
Grava 50-70 mm	7,50	0,25	15,00%	2,16
Total	7,50	0,50		4,37

Tractament nº 3:

El tercer tractament es situa a la part extrema de la zona de proves costat Besòs, consisteix en una subbase de grava de pedrera de pedra granítica de 25 cm de gruix, grandària màxima de 50 a 70 mm. amb estesa i piconatge del material amb mitjans manuals i/o mecànics, a sobre la que s'estén una capa d'ull de perdiu de diàmetre de 3 a 7mm, amb estesa de 10 cm de gruix i piconatge del material amb mitjans manuals i/o mecànics i sobre aquesta una base 15 cm formada per una barreja d'àrids amb un 70% de sauló garbellat segons les especificacions adjuntes i un 30% d'ull de perdiu. Les tres capes, es compactaran mitjançant corró manual autopropulsat de 600 kg o bé amb safata compactadora.

Tractament nº 3

Material	Superfície m ²	Gruix m	Esponjament %	Volum total aportació (m ³)
Barreja àrids	7,50	0,15	20,00%	1,35
Ull de perdiu 3-7 mm	7,50	0,10	15,00%	0,86
Grava 50-70 mm	7,50	0,25	15,00%	2,16
Total	7,50	0,50		4,37

Material	Volum total m ³	% barreja	Volum àrid m ³
Sauló prova	1,35	70,00%	0,95
Ull de perdiu 3-7 mm	1,35	30,00%	0,41
Total	7,50	100,00%	1,35

Els materials, maquinària i ma d'obra que s'estimen per a portar a terme l'obra són:

- Ma d'obra: 1 Encarregat, 2 Peons.
- Maquinària: 1 Retroexcavadora petita de cadenes de goma, 1 Camió grua petit, 1 Element compactador (corró autopropulsat de 600 kg o safata compactadora), 1 Equip d'eines manuals (carretó, rasclats d'obra, aixada, pales...)

Materials:

Resum de volums d'aportació de cada tipus d'àrid

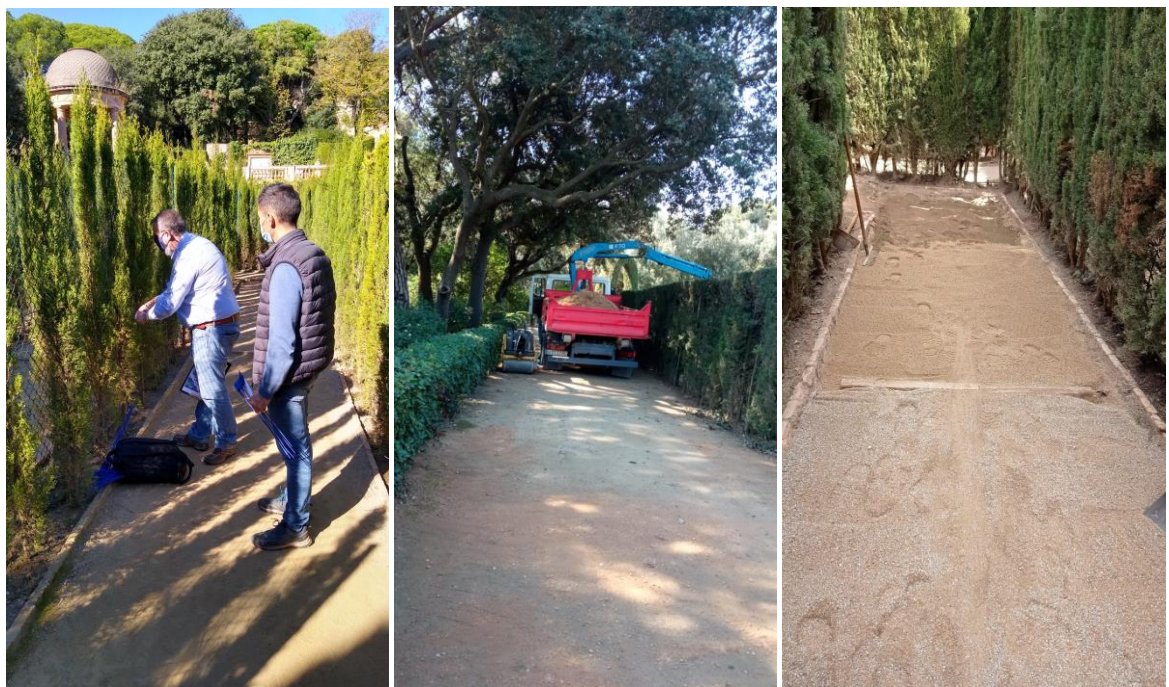
Material	Tractament nº 1 m ³	Tractament nº 2 m ³	Tractament nº 3 m ³	Volum total m ³
Sauló estàndard	1,35	0,00	0,00	1,35
Sauló prova	0,00	1,35	0,95	2,30
Ull de perdiu 3-7 mm	0,83	0,86	1,27	2,96
Grava 50-70 mm	2,06	2,16	2,16	6,38
Total	4,24	4,37	7,50	12,98

Caldrà afegir a l'apartat de materials la fusta corresponent als travessers de separació de cada tractament i els dels extrems, formats per 4 taulons de fusta de pi roig de 25x3 cm i fins a 1,6 m de llargària, amb tractament en autoclau per un grau de protecció profunda: 4 x 1,6 = 6,4 m ≈ 7 m si tenim en compte les pèrdues que pot haver-hi per tall en obra.

La durada de l'obra, considerant els limitants de la zona, es considera que com màxim ha de ser de dues setmanes.



13. Imatges de l'execució dels paviments drenants



14. Imatges de l'execució dels paviments drenants

11. Resultats obtinguts

Després de l'establiment de la prova pilot, s'ha fet un seguiment fent proves d'infiltració cada dues setmanes, els resultats de la mateixa es detallen en el quadre següent:

DATA	TRACTAMENT 1 VALORS OBTINGUTS (cm/s)	TRACTAMENT 2 VALORS OBTINGUTS (cm/s)	TRACTAMENT 3 VALORS OBTINGUTS (cm/s)
07/05/2021	0,011	0,027	0,045
21/05/2021	0,009	0,023	0,043
04/06/2021	0,018	0,018	0,046
18/06/2021	0,014	0,031	0,041
20/07/2021	0,013	0,015	0,044
16/07/2021	0,017	0,024	0,042
30/07/2021	0,011	0,027	0,038
13/08/2021	0,009	0,022	0,047
27/08/2021	0,017	0,026	0,035
10/09/2021	0,013	0,019	0,041
27/09/2021	0,018	0,025	0,044
MITJANA	0,014	0,023	0,042

11. Quadre de resultats

Tot i ser un període curt d'avaluació, cal destacar que la els valors de la taxa de infiltració per al tractament 3 són els més favorables, pràcticament tres cops superiors als del tractament 1 que es considera el més desfavorable.

Barcelona a 23 de desembre de 2021.

El redactor: Josep Cónsola i Serra, Enginyer Tècnic Agrícola Col·legiat 3576

1. ANNEXES

Informe Laberint 2019 - Annex 3 Informe Anàlisi mostra laberint vegetal _____	2
Informe Laberint 2019 - Annex 3 Anàlisi mostra laberint vegetal _____	4
1945173_FD _____	5
Mostra 1 _____	6
1945174_FD _____	7
Mostra 2 _____	8
1945175_FD _____	9
Mostra 3 _____	10
1945176_FD _____	11
Mostra 4 _____	12
Ubicació mostres _____	13



**LABORATORIOS
ESCUREDO**
ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y CONTROL

INFORME ANALÍTIC

MOSTRA DE SÒL NÚMERO DE REGISTRE 1944977

Carrer Doctor Domènech, 1,Bj, 43203

Reus

977319714

Lab@escuredo.net

www.laboratorios-escuredo.com



INFORME ANALÍTIC DE LA MOSTRA DE SÒL NÚMERO DE REGISTRE 1944977

Sòl amb **pH fortament bàsic**, per tant amb dificultats per una bona biodisponibilitat per part de la planta en els nutrients: Fòsfor, Ferro, Manganès i Bor.

Nivell Mig en matèria orgànica, que presenta una òptima relació C/N amb bona evolució cap a humus.

Conductivitat Eléctrica o presència de sals solubles en quantitat mitja. No és un sòl salí, per tant no presenta limitacions per el desenvolupament vegetal a causa d'aquest paràmetre.

Carbonats totals i Calcària activa en baixa presència.

Nutrients i desenvolupament vegetal: Nitrogen, Fòsfor i Potassi en baixa presència, especialment el Fòsfor, amb nivell Deficitari. Respecte els elements secundaris, el Calci presenta nivells excessius i Magnesi nivell mig que podria ser limitatn per certs cultius.

Textura: Franca. La tendència del sòl és a una alta retenció d'aigua i fertilitzats. Drenatge escàs degut a la alta presència de llim fi i argila i per tant de micropors. Poca presència de macropors (manca d'aireació radicular).

Conclusions:

La textura, amb una alta presència d'elements fins podria condicionar el desenvolupament radicular i un bon intercanvi hídric amb el vegetal. En particular, vegetals no tolerants a sòls pesants no viurien bé en aquests sòl.

En quant els nutrients, cal fer una bona programació d'adobats, per tal d'augmentar el nivell actual en quant: Nitrogen, Potassi, Magnesi i especialment el Fòsfor que podria provocar deficiències importants en els vegetals i manca de desenvolupament. Preferentment fer servir fertilitzants amb compostos tipus sulfat o bé de reacció àcida al sòl, per tal de baixar en el possible el pH del sòl.

L'adobat amb microelements Ferro, Manganès i Bor cal tenir-lo en compte en la programació de fertilitzant i aplicar les quantitats adients segons estat fenològic i tipus de vegetals.

Consideracions sobre la millora del drenatge actual:

Augmentar fins al 3% la matèria orgànica existent barrejant al menys 4kg de fems amb els 30 cm primers del sòl o zona considerada d'actuació radicular del vegetal. El fem o matèria orgànica ha de ser de reacció àcida, en cap cas utilitzar purins o dejeccions avícoles ni cunícoles.

Encara que econòmicament no és molt rendible es pot aplicar un 25 – 30 % del volum de sòl en sorra silíceica amb mida entre 0,5 – 2 mm de diàmetre.

Per altres esmenes físiques caldria conèixer la realitat del terreny i vegetació implicada

Reus 2 de setembre de 2019.



LABORATORIOS ESCUREDO

ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y CONTROL
AGRÍCOLA * ALIMENTARIO * MEDIO AMBIENTE

Acreditaciones oficiales: nº172 y R2-113-97

Establiment Tècnic Auxiliar de l'Agència Catalana de l'Aigua

C/ Dr. Domènech 1, Local BX

43203 - REUS (TARRAGONA)

Tel. (34) 977 31 97 14 - Fax. (34) 977 31 01 71

E-mail: lab@escuredo.net

2605 PARCS I JARDINS DE BARCELONA
INSTITUT MUNICIPAL
C/ Torrent de l'Olla 218-220
08012 BARCELONA
(BARCELONA)

Mostra remesa per: PARCS I JARDINS DE BARCELONA INSTITUT MUNICIPAL

Núm. Reg.: 1944977

Recol·lectada per: ELS SEUS MITJANS

Data d'entrada: 7/8/2019

Ref. del client: MOSTRA LABERINT. JORDI RODRIGUEZ

DETERMINACIONS ANALÍTQUES SOBRE SÒL.-

DETERMINACIÓ	MÈTODE	UNITATS	RESULTATS	NIVELLS
pH H ₂ O (1:2,5)	Potenciomètric	Unit. pH	8,23	Fortam.Bàsic
pH KCl (1:2,5)	Potenciomètric	Unit. pH	7,60	Mitjanam. Bàsic
Matèria Orgànica oxidable	F. Van Benmelen	%	1,91	Mig-Alt
Nitrogen total	Kjeldahl	%	0,104	Baix
Carboni orgànic	Walkley & Black	%	1,1	Mig
Relació C/N	--	--	10,67	Òptim
Carbonats Totals	Calcímetre de Bernard	%	6,48	Baix
Calcària Activa	Drouineau	o/oo	10,51	Molt Baix
Fòsfor assimilable	Olsen	ppm	< 0,5	No detectable
Conductivitat Elèctrica (1:5)	Conductimètric	mmhos/cm	0,318	Mig. No Sali
Calci assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AAS	meq/100gr	51,72	Excessiu***
Magnesi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AAS	meq/100gr	3,48	Mig
Sodi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100gr	1,01	Mig
Potassi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100gr	0,25	Baix
Potassi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	ppm	96	Baix
Suma de cations	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100 gr	56,46	--
Capacitat total de bescanvi	Met.Ofic.Anal.1994	meq/100 gr	13,2	Mig
Grau de saturació	Met.Ofic.Anal.1994	%	100	Saturat en bases
Grava (>2 mm de diàmetre)	Tamitzat	%	12,81	Baix
Terra fina (<=2 mm de diàm.)	Tamitzat	%	87,19	Molt Alt
GRANULOMETRIA 5 FRACCIONS				
Arena grossa (2 a 0,5 mm de diàm.)	Tamitzat	%	23,01	MITJANA- ALTA capacitat de retenció d'aigua i fertilizants. Abundància de micropors. DRENATGE ESCÀS***
Arena fina (0,5 a 0,05 mm de diàm.)	Tamitzat	%	26,54	
Llim groller (0,05 a 0,02 mm diàm.)	Pipeta de Robinson	%	12,15	
Llim fi (0,02 a 0,002 mm de diàm.)	Pipeta de Robinson	%	17,90	
Argila (<0,002 mm de diàmetre)	Pipeta de Robinson	%	20,41	
Classificació Textural	U.S.D.A	-	Franca	
Família Textural	U.S.D.A.	-	Franca fina	

Nota: Els resultats obtinguts només donen fe de l'anàlítica realitzada sobre la mostra remesa a aquest laboratori.

Reus, 16 d'agost de 2019

Vist i plau
Cap de laboratori





LABORATORIOS ESCUREDO

ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y CONTROL
AGRÍCOLA * ALIMENTARIO * MEDIO AMBIENTE

Acreditaciones oficiales: nº172 y R2-113-97

Establiment Tècnic Auxiliar de l'Agència Catalana de l'Aigua

C/ Dr. Domènech 1, Local BX

43203 - REUS (TARRAGONA)

Tel. (34) 977 31 97 14 - Fax. (34) 977 31 01 71

E-mail: lab@escuredo.net

4398 JOSEP CÓNSOLA I SERRA
C/. Generalitat de Catalunya, 3
25220 Bell-lloc d'Urgell
(LLEIDA)

Mostra remesa per: JOSEP CÓNSOLA I SERRA
Recol·lectada per: ELS SEUS MITJANS
Ref. del client: MOSTRA 1-LABERINT 06/11/2019 PARTERRE

Núm. Reg.: 1945173

Data d'entrada: 8/11/2019

DETERMINACIONS ANALÍTQUES SOBRE SÒL.-

DETERMINACIÓ	MÈTODE	UNITATS	RESULTATS	NIVELLS
pH H ₂ O (1:2,5)	Potenciomètric	Unit. pH	8,00	Fortam. Bàsic
pH KCl (1:2,5)	Potenciomètric	Unit. pH	7,35	Lleugeram. Bàsic
Matèria Orgànica oxidable	F. Van Benmelen	%	5,15	Alt
Nitrogen total	Kjeldahl	%	0,194	Alt
Carboni orgànic	Walkley & Black	%	2,99	Alt
Relació C/N	--	--	15,41	Alt
Carbonats Totals	Calcímetre de Bernard	%	9,16	Feble
Calcària Activa	Drouineau	o/oo	24,58	Feble
Fòsfor assimilable	Olsen	ppm	5	Deficitari***
Conductivitat Elèctrica (1:5)	Conductimètric	mmhos/cm	0,145	Baix. No Salí
Calci assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AAS	meq/100gr	38,60	Molt Alt
Magnesi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AAS	meq/100gr	3,10	Mig-Baix
Sodi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100gr	0,32	Baix
Potassi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100gr	0,36	Mig
Potassi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	ppm	140	Mig
Suma de cations	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100 gr	42,38	--
Capacitat total de bescanvi	Met.Ofic.Anal.1994	meq/100 gr	23,57	Alt
Grau de saturació	Met.Ofic.Anal.1994	%	100	Saturat en Bases
Grava (>2 mm de diàmetre)	Tamitzat	%	27,92	Mig
Terra fina (≤ 2 mm de diàm.)	Tamitzat	%	72,08	Alt
GRANULOMETRIA 5 FRACCIONS				
Arena grossa (2 a 0,5 mm de diàm.)	Tamitzat	%	11,02	MOLT ALTA capacitat de retenció d'aigua i fertilitzants. Abundància de micropors. DRENATGE ESCÀS***
Arena fina (0,5 a 0,05 mm de diàm.)	Tamitzat	%	21,54	
Llim groller (0,05 a 0,02 mm diàm.)	Pipeta de Robinson	%	13,69	
Llim fi (0,02 a 0,002 mm de diàm.)	Pipeta de Robinson	%	26,50	
Argila (<0,002 mm de diàmetre)	Pipeta de Robinson	%	27,24	
Classificació Textural	U.S.D.A	-	Franca-Fr.argilosa	
Família Textural	U.S.D.A.	-	Franca fina	

Nota: Els resultats obtinguts només donen fe de l'anàlítica realitzada sobre la mostra remesa a aquest laboratori.

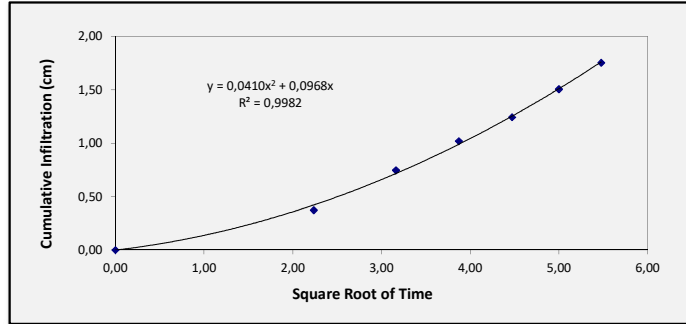
Reus, 18 de novembre de 2019

Vist i plau
Cap de laboratori



Instructions	
Step 1:	Enter measurement times beginning with zero
Step 2:	Enter corresponding volume measurements
Step 3:	Adjust selection field on graph to fit data

Time (s)	sqrt (t)	Volume (mL)	Infiltr (cm)
0	0,00	84	0,00
5	2,24	81	0,37
10	3,16	78	0,75
15	3,87	75,8	1,02
20	4,47	74	1,24
25	5,00	71,9	1,50
30	5,48	69,9	1,75



Step 4: Select Infiltrometer Type	⇒	MiniDisk Version1
Step 5: Select Soil Type	⇒	clay loam
Step 6: Select Suction	⇒	2

Radius	1,6 cm
alpha	0,019
n/h ₀	1,31
Suction	-2 cm

A	9,061951898
C1	0,040989208 cm/s
K	0,004523221 cm/s



LABORATORIOS ESCUREDO

ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y CONTROL
AGRÍCOLA * ALIMENTARIO * MEDIO AMBIENTE

Acreditaciones oficiales: nº172 y R2-113-97

Establiment Tècnic Auxiliar de l'Agència Catalana de l'Aigua

C/ Dr. Domènech 1, Local BX

43203 - REUS (TARRAGONA)

Tel. (34) 977 31 97 14 - Fax. (34) 977 31 01 71

E-mail: lab@escuredo.net

4398 JOSEP CÓNSOLA I SERRA
C/. Generalitat de Catalunya, 3
25220 Bell-lloc d'Urgell
(LLEIDA)

Mostra remesa per: JOSEP CÓNSOLA I SERRA
Recol·lectada per: ELS SEUS MITJANS
Ref. del client: MOSTRA 2 - LABERINT 06/11/2019 CAMÍ

Núm. Reg.: 1945174

Data d'entrada: 8/11/2019

DETERMINACIONS ANALÍTQUES SOBRE SÒL.-

DETERMINACIÓ	MÈTODE	UNITATS	RESULTATS	NIVELLS
pH H ₂ O (1:2,5)	Potenciomètric	Unit. pH	8,28	Fortam. Bàsic
pH KCl (1:2,5)	Potenciomètric	Unit. pH	7,86	Mitjanam. Bàsic
Matèria Orgànica oxidable	F. Van Benmelen	%	0,43	Deficitari***
Nitrogen total	Kjeldahl	%	0,043	Deficitari***
Carboni orgànic	Walkley & Black	%	0,25	Baix
Relació C/N	--	--	5,81	Molt Baix
Carbonats Totals	Calcímetre de Bernard	%	16,5	Mig
Calcària Activa	Drouineau	o/oo	78,31	Alt
Fòsfor assimilable	Olsen	ppm	2	Deficitari***
Conductivitat Elèctrica (1:5)	Conductimètric	mmhos/cm	0,686	Alt. Sòl Salí***
Calci assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AAS	meq/100gr	39,21	Molt Alt
Magnesi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AAS	meq/100gr	3,78	Mig
Sodi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100gr	1,95	Mig-Alt
Potassi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100gr	0,14	Deficitari***
Potassi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	ppm	56	Deficitari***
Suma de cations	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100 gr	45,08	--
Capacitat total de bescanvi	Met.Ofic.Anal.1994	meq/100 gr	7,85	Baix
Grau de saturació	Met.Ofic.Anal.1994	%	100	Saturat en Bases
Grava (>2 mm de diàmetre)	Tamitzat	%	17,94	Baix
Terra fina (≤ 2 mm de diàm.)	Tamitzat	%	82,06	Molt Alt
GRANULOMETRIA 5 FRACCIONS				
Arena grossa (2 a 0,5 mm de diàm.)	Tamitzat	%	6,77	MOLT ALTA capacitat de retenció d'aigua i fertilitzants. Abundància de micropors. DRENATGE ESCÀS***
Arena fina (0,5 a 0,05 mm de diàm.)	Tamitzat	%	17,34	
Llim groller (0,05 a 0,02 mm diàm.)	Pipeta de Robinson	%	21,29	
Llim fi (0,02 a 0,002 mm de diàm.)	Pipeta de Robinson	%	39,87	
Argila (<0,002 mm de diàmetre)	Pipeta de Robinson	%	14,73	
Classificació Textural	U.S.D.A	-	Franca	
Família Textural	U.S.D.A.	-	Franca grossa	

Nota: Els resultats obtinguts només donen fe de l'anàlítica realitzada sobre la mostra remesa a aquest laboratori.

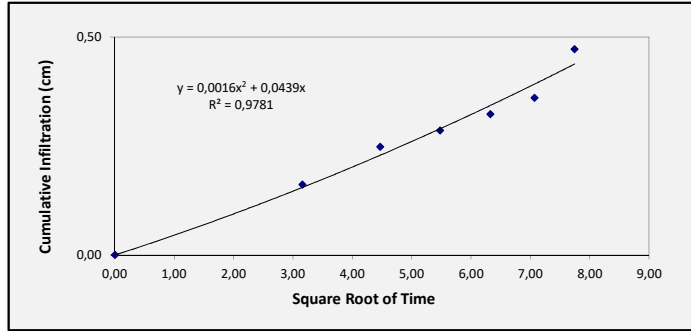
Reus, 18 de novembre de 2019

Vist i plau
Cap de laboratori



Instructions	
Step 1:	Enter measurement times beginning with zero
Step 2:	Enter corresponding volume measurements
Step 3:	Adjust selection field on graph to fit data

Time (s)	sqrt (t)	Volume (mL)	Infiltr (cm)
0	0,00	88,8	0,00
10	3,16	87,5	0,16
20	4,47	86,8	0,25
30	5,48	86,5	0,29
40	6,32	86,2	0,32
50	7,07	85,9	0,36
60	7,75	85	0,47



Step 4: Select Infiltrometer Type	⇒	MiniDisk Version1
Step 5: Select Soil Type	⇒	silt loam
Step 6: Select Suction	⇒	2

Radius	1,6 cm
alpha	0,02
n/h ₀	1,41
Suction	-2 cm

A	10,81441904
C1	0,001633001 cm/s
K	0,000151002 cm/s



LABORATORIOS ESCUREDO

ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y CONTROL
AGRÍCOLA * ALIMENTARIO * MEDIO AMBIENTE

Acreditaciones oficiales: nº172 y R2-113-97

Establiment Tècnic Auxiliar de l'Agència Catalana de l'Aigua

C/ Dr. Domènech 1, Local BX

43203 - REUS (TARRAGONA)

Tel. (34) 977 31 97 14 - Fax. (34) 977 31 01 71

E-mail: lab@escuredo.net

4398 JOSEP CÓNSOLA I SERRA
C/. Generalitat de Catalunya, 3
25220 Bell-lloc d'Urgell
(LLEIDA)

Mostra remesa per: JOSEP CÓNSOLA I SERRA

Núm. Reg.: 1945175

Recol·lectada per: ELS SEUS MITJANS

Data d'entrada: 8/11/2019

Ref. del client: MOSTRA 3 - LABERINT 06/11/2019 PARTERRE

DETERMINACIONS ANALÍTQUES SOBRE SÒL.-

DETERMINACIÓ	MÈTODE	UNITATS	RESULTATS	NIVELLS
pH H ₂ O (1:2,5)	Potenciomètric	Unit. pH	7,90	Mitjanam. Bàsic
pH KCl (1:2,5)	Potenciomètric	Unit. pH	7,49	Mitjanam. Bàsic
Matèria Orgànica oxidable	F. Van Benmelen	%	6,08	Alt
Nitrogen total	Kjeldahl	%	0,226	Alt
Carboni orgànic	Walkley & Black	%	3,53	Alt
Relació C/N	--	--	15,62	Alt
Carbonats Totals	Calcímetre de Bernard	%	5,47	Feble
Calcària Activa	Drouineau	o/oo	7,33	Feble
Fòsfor assimilable	Olsen	ppm	55	Alt
Conductivitat Elèctrica (1:5)	Conductimètric	mmhos/cm	0,171	Baix. No Salí
Calci assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AAS	meq/100gr	30,33	Molt Alt
Magnesi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AAS	meq/100gr	2,93	Mig
Sodi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100gr	0,42	Baix
Potassi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100gr	0,34	Mig
Potassi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	ppm	133	Mig
Suma de cations	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100 gr	34,02	--
Capacitat total de bescanvi	Met.Ofic.Anal.1994	meq/100 gr	22,7	Molt Alt
Grau de saturació	Met.Ofic.Anal.1994	%	100	Saturat en Bases
Grava (>2 mm de diàmetre)	Tamitzat	%	13,16	Baix
Terra fina (≤ 2 mm de diàm.)	Tamitzat	%	86,84	Molt Alt
GRANULOMETRIA 5 FRACCIONS				
Arena grossa (2 a 0,5 mm de diàm.)	Tamitzat	%	32,18	MITJANA capacitat de retenció d'aigua i fertilitzants. Bon equilibri macro/micropors. BON DRENATGE***
Arena fina (0,5 a 0,05 mm de diàm.)	Tamitzat	%	30,05	
Llim groller (0,05 a 0,02 mm diàm.)	Pipeta de Robinson	%	8,57	
Llim fi (0,02 a 0,002 mm de diàm.)	Pipeta de Robinson	%	13,40	
Argila (<0,002 mm de diàmetre)	Pipeta de Robinson	%	15,81	
Classificació Textural	U.S.D.A.	-	Franca	
Família Textural	U.S.D.A.	-	Franca grossa	

Nota: Els resultats obtinguts només donen fe de l'anàlítica realitzada sobre la mostra remesa a aquest laboratori.

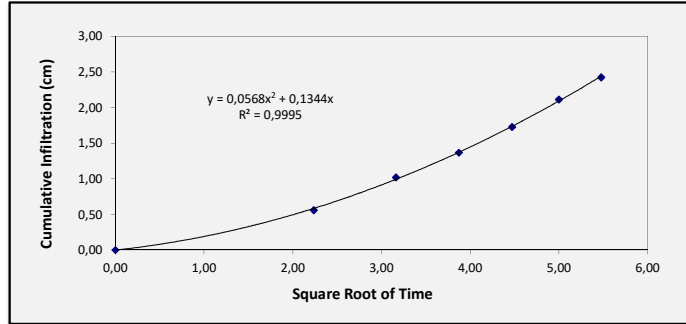
Reus, 18 de novembre de 2019

Vist i plau
Cap de laboratori



Instructions	
Step 1:	Enter measurement times beginning with zero
Step 2:	Enter corresponding volume measurements
Step 3:	Adjust selection field on graph to fit data

Time (s)	sqrt (t)	Volume (mL)	Infiltr (cm)
0	0,00	86	0,00
5	2,24	81,5	0,56
10	3,16	77,8	1,02
15	3,87	75	1,37
20	4,47	72,1	1,73
25	5,00	69	2,11
30	5,48	66,5	2,42



Step 4: Select Infiltrometer Type	⇒	MiniDisk Version1
Step 5: Select Soil Type	⇒	loamy sand
Step 6: Select Suction	⇒	2

Radius	1,6 cm
alpha	0,124
n/h ₀	2,28
Suction	-2 cm

A	3,31201906
C1	0,056783722 cm/s
K	0,017144745 cm/s



LABORATORIOS ESCUREDO

ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y CONTROL
AGRÍCOLA * ALIMENTARIO * MEDIO AMBIENTE

Accreditaciones oficiales: nº172 y R2-113-97

Establiment Tècnic Auxiliar de l'Agència Catalana de l'Aigua

C/ Dr. Domènech 1, Local BX

43203 - REUS (TARRAGONA)

Tel. (34) 977 31 97 14 - Fax. (34) 977 31 01 71

E-mail: lab@escuredo.net

4398 JOSEP CÓNSOLA I SERRA
C/. Generalitat de Catalunya, 3
25220 Bell-lloc d'Urgell
(LLEIDA)

Mostra remesa per: JOSEP CÓNSOLA I SERRA
Recol·lectada per: ELS SEUS MITJANS
Ref. del client: MOSTRA 4 - LABERINT 06/11/2019 CAMÍ

Núm. Reg.: 1945176

Data d'entrada: 8/11/2019

DETERMINACIONS ANALÍTQUES SOBRE SÒL.-

DETERMINACIÓ	MÈTODE	UNITATS	RESULTATS	NIVELLS
pH H ₂ O (1:2,5)	Potenciomètric	Unit. pH	8,63	Molt Fortam. Bàsic
pH KCl (1:2,5)	Potenciomètric	Unit. pH	7,75	Mitjanam. Bàsic
Matèria Orgànica oxidable	F. Van Benmelen	%	0,86	Baix
Nitrogen total	Kjeldahl	%	0,081	Deficitari***
Carboni orgànic	Walkley & Black	%	0,50	Baix
Relació C/N	--	--	6,17	Baix
Carbonats Totals	Calcímetre de Bernard	%	5,52	Feble
Calcària Activa	Drouineau	o/oo	2,59	Feble
Fòsfor assimilable	Olsen	ppm	2	Deficitari***
Conductivitat Elèctrica (1:5)	Conductimètric	mmhos/cm	0,196	Baix. No Salí
Calci assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AAS	meq/100gr	23,89	Mig
Magnesi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AAS	meq/100gr	2,63	Mig
Sodi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100gr	1,10	Mig
Potassi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100gr	0,14	Deficitari***
Potassi assimilable	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	ppm	54	Deficitari***
Suma de cations	Extr.NH ₄ AcO; pH=7.0. AES	meq/100 gr	27,76	--
Capacitat total de bescanvi	Met.Ofic.Anal.1994	meq/100 gr	9,83	Baix
Grau de saturació	Met.Ofic.Anal.1994	%	100	Saturat en Bases
Grava (>2 mm de diàmetre)	Tamitzat	%	23,72	Mig
Terra fina (≤ 2 mm de diàm.)	Tamitzat	%	76,28	Alt
GRANULOMETRIA 5 FRACCIONS				
Arena grossa (2 a 0,5 mm de diàm.)	Tamitzat	%	27,96	MITJANA-ALTA capacitat de retenció d'aigua i fertilitzants. Abundància de micropors. DRENATGE REGULAR***
Arena fina (0,5 a 0,05 mm de diàm.)	Tamitzat	%	28,67	
Llim groller (0,05 a 0,02 mm diàm.)	Pipeta de Robinson	%	9,28	
Llim fi (0,02 a 0,002 mm de diàm.)	Pipeta de Robinson	%	16,15	
Argila (<0,002 mm de diàmetre)	Pipeta de Robinson	%	17,94	
Classificació Textural	U.S.D.A	-	Franca	
Família Textural	U.S.D.A.	-	Franca fina - Franca grossa	

Nota: Els resultats obtinguts només donen fe de l'anàlítica realitzada sobre la mostra remesa a aquest laboratori.

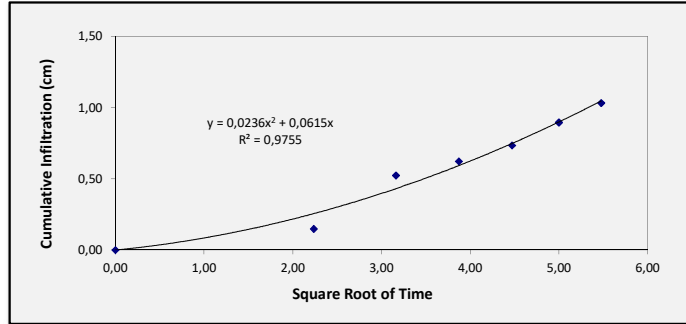
Reus, 18 de novembre de 2019

Vist i plau
Cap de laboratori



Instructions	
Step 1:	Enter measurement times beginning with zero
Step 2:	Enter corresponding volume measurements
Step 3:	Adjust selection field on graph to fit data

Time (s)	sqrt (t)	Volume (mL)	Infiltr (cm)
0	0,00	85	0,00
5	2,24	83,8	0,15
10	3,16	80,8	0,52
15	3,87	80	0,62
20	4,47	79,1	0,73
25	5,00	77,8	0,90
30	5,48	76,7	1,03



Step 4: Select Infiltrometer Type	⇒	MiniDisk Version1
Step 5: Select Soil Type	⇒	loamy sand
Step 6: Select Suction	⇒	2

Radius	1,6 cm
alpha	0,124
n/h ₀	2,28
Suction	-2 cm

A	3,31201906
C1	0,023648427 cm/s
K	0,007140185 cm/s

