

## Sota pressió

### Calculant les intenses pressions en profunditat

Aquesta Earthlearningidea ha estat desenvolupada per donar una idea de les intenses pressions en profunditat a través de la mesura i el càlcul. Es presenta en tres sistemes d'unitats a les següents pàgines.

En tot els casos es compleix la fórmula de Newton: força = massa x acceleració i s'introdueix el terme acceleració

#### (1) sistema SI

Aquest és el sistema més estès en els centres de secundària. Es mesura en unitats primàries (mil·límetres i grams) i es presenten els resultats en unitats secundàries (Newtons per metre quadrat). Aquesta unitat es coneix també amb el nom de Pascal (Pa). El valor de l'acceleració de la gravetat,  $g$ , és de  $10 \text{ m/sec}^2$ .



Foto:  
S. Allen i  
G. Jones

#### (2) sistema cgs (grams-centímetres)

Aquest sistema pot resultar més fàcil per tal que els alumnes visualitzin les unitats, ja que normalment mesuren en centímetres. És freqüent definir l'acceleració "a" de la gravetat com:  
 $a = 1 \times \text{gravetat terrestre (g)}$  en comptes de  
 $a = 981 \text{ cm/sec}^2$   
de manera que els grams (massa) i els grams (força) tenen el mateix valor numèric tot i que les seves unitats són diferents. Aquí, les mesures es fan en grams i centímetres i els resultats es presenten en les mateixes unitats.

#### (3) Sistema imperial

Com a l'anterior les lliures (força) i les lliures (massa) són numèricament iguals; això implica que  $a = 1 \times \text{gravetat terrestre (g)}$  millor que  $a = 32 \text{ peus/segon}^2$ .

Hi ha unitats de força tant al sistema cgs com a l'imperial (la dina i el poundal, respectivament) però han caigut en desús. Es podrien fer servir allà on la gravetat local és diferent de la normal de la Terra.

## Sota pressió

### Calculant les intenses pressions en profunditat – en unitats del Sistema Internacional

La pressió es defineix com la força per unitat de superfície. Podem fer-nos una bona idea de les intenses pressions en profunditat mesurant i calculant, fent servir l'equació:

$$\text{Pressió en N/m}^2 \text{ (Pa)} = \frac{\text{massa en kg} \times 10}{\text{àrea en m}^2}$$

#### 1. La pressió de les roques en profunditat

És difícil tallar roques de mida i forma adequades per realitzar mesures i càlculs; per tant, usarem sorra solta. Els càlculs donen una impressió realista de les pressions litosfèriques a diferents profunditats (és a dir, la pressió de les roques suprajacents, la pressió de confinament). En profunditat, la sorra es transforma en gres a causa de la cimentació i la compactació.

#### a) Càlcul de la massa mitjana de 10 mm de gruix de sorra



Foto:  
S. Allen i  
G. Jones

- Amb un retolador, marqueu una proveta a intervals de 10mm, de baix a dalt.
- Afegiu 10 mm d'alçada de sorra a la proveta, colpegeu-la suaument per anivellar-la i peseu-la.
- Afegiu-hi uns altres 10 mm d'alçada, colpegeu i peseu novament.

- Resteu la primera xifra de la segona per trobar la massa dels segons 10 mm de sorra i anoteu el resultat.
- Repetiu això varies vegades.
- Sumeu els resultats de tots els càlculs de la massa (ignorant la massa dels primers 10 mm de sorra, que no són fiables) i dividiu-ho pel número de mesures per trobar la massa mitjana de 10 mm d'alçada de sorra.
- (Per a una proveta normal de 200 mL i sorra també normal, la massa d'un gruix de 10 mm es troba al voltant de 23 g o 0,23 kg).

#### b) Càlcul de l'àrea del cilindre

- Mesureu el diàmetre interior de la proveta.
- Dividiu aquesta mesura per dos per trobar el radi de la base interna del cilindre.
- Useu la fórmula de sota per calcular l'àrea de la base de la proveta.

$$\begin{aligned} \text{Àrea d'un cercle} &= \pi r^2 = \\ &= \pi (3.142) \times \text{radi en m} \times \text{radi en m} \end{aligned}$$

(Una proveta normal de 200 mL té un diàmetre intern de 40 mm o 0,04 m, un radi de 20 mm o 0,02 m, i una àrea de la base de  $3.142 \times 0.02 \times 0.02 = 0.00126 \text{ m}^2$ ).

#### c) Càlcul de la pressió de 10 mm de sorra

- Useu la següent equació per calcular la pressió de 10 mm d'alçada de sorra.

$$\left( \text{Pressió} = \frac{m \times a}{A} = \frac{0.023 \times 10}{0.00126 \text{ m}^2} = 183 \text{ N/m}^2 \right)$$

Això equival aproximadament a un pes de 1.83 grams sobre l'àrea aproximada d'un dit polze).

#### d) Càlcul de la pressió d'1 m, 100 m, 1 km, 10 km i 100 km de sorra

- Utilitzeu aquestes xifres calculades per esbrinar les pressions a les profunditats que es mostren a la taula de sota.

Taula per a la part d)

Alçada	Profunditat equivalent	Multipliqueu la xifra de sobre per:	Pressió usant les xifres de sobre	Pressió equivalent (polze aprox. 0.01 m <sup>2</sup> )
1 m	De la taula al terra	100	$183 \times 100 = 18.300 \text{ N/m}^2$	183 g sobre un dit polze
100 m	Sondeig poc profund	100	$1.830.000 \text{ N/m}^2$ (1,8 MPa)	18.3 kg sobre un dit polze (18 sacs de sucre)
1 km	Sondeig profund	10	$18.300.000 \text{ N/m}^2$ (18 MPa)	183 kg sobre un dit polze
10 km	Els sondejos més profunds mai fets; la meitat del gruix mitjà de l'escorça	10	$183.000.000 \text{ N/m}^2$ (180 MPa)	1,83 tones sobre un dit polze
100 km	Les parts més gruixudes de l'escorça sota les serralades	10	$1.830.000.000 \text{ N/m}^2$ (1,83 GPa)	18,3 tones sobre un dit polze

Les pressions reals serien més grans que aquestes que s'han calculat amb sorra solta, perquè les pressions de les roques suprajacents provoquen la compactació de la sorra que (juntament mb la cimentació) les transforma en roques sedimentàries, les quals són més denses que les sorres soltes. La sorra solta utilitzada aquí té una densitat relativa de 1,8, mentre que la densitat relativa del gres és d'aproximadament 2,7, gairebé el 50% més.

## 2. La pressió de l'aigua en profunditat

Repetiu l'activitat fent servir aigua en lloc de sorra per tal de calcular la pressió hidrostàtica aproximada en profunditat. Això simula el tipus de pressió que es troba als aqüífers (les roques poroses i permeables de les quals s'extreu aigua

subterrània). La majoria d'aqüífers es troben a menys d'1 km per sota de la superfície.

(Per a una proveta de 200 ml, una altura de 10 mm té una massa mitjana de 12,6 g. Fent servir aquesta xifra i canviant a N i m

$$\text{Pressió} = \frac{m \times a}{A} = \frac{0.0126 \times 10}{0.00126\text{m}^2} = 100 \text{ N/m}^2$$

## 3. Pressió total en profunditat

La pressió total vertical en profunditat és igual a la suma de les pressions litostàtica i hidrostàtica ja que ambdues actuen conjuntament (amb l'afegit de la pressió atmosfèrica sobre elles).

Taula per a l'aigua

Alçada	Profunditat equivalent	Multipliqueu la xifra de sobre per:	Pressió usant les xifres de sobre
1 m	De la taula al terra	100	$100 \times 100 = 10.000 \text{ N/m}^2$
100 m	Sondeig poc profund	100	$1.000.000 \text{ N/m}^2$ (1,0 MPa)
1 km	Sondeig profund	10	$10.000.000 \text{ N/m}^2$ (10 MPa)

## Sota pressió

### Calculant les intenses pressions en profunditat – en unitats del sistema cgs (g/cm<sup>2</sup>)

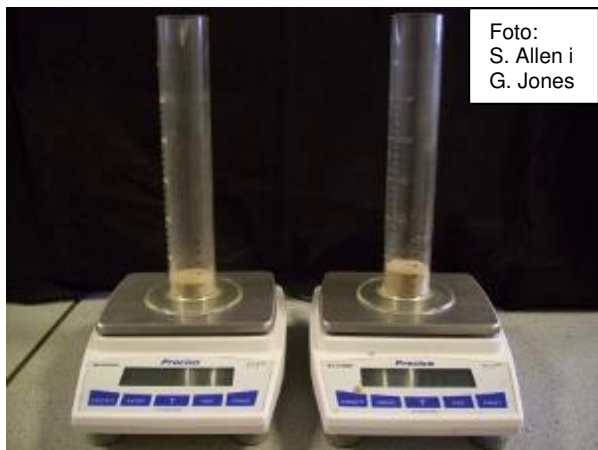
La pressió es defineix com la força per unitat d'àrea. Podem fer-nos una bona idea de les intenses pressions en profunditat mesurant i calculant, fent servir l'equació:

$$\text{Pressió en g/cm}^2 = \frac{\text{massa en g} \times 1}{\text{àrea en cm}^2}$$

#### 1. La pressió de les roques en profunditat

És difícil tallar roques de mida i forma adequades per realitzar mesures i càlculs; per tant, usarem sorra solta. Els càlculs donen una impressió realista de les pressions litosfèriques a diferents profunditats (és a dir, la pressió de les roques suprajacents, la pressió de confinament). En profunditat, la sorra es transforma en gres a causa de la cimentació i la compactació.

#### a) Càlcul de la massa mitjana de 1 cm de gruix de sorra



- Amb un retolador, marqueu una proveta a intervals d'1 cm, de baix a dalt.
- Afegiu 1 cm d'alçada de sorra a la proveta, colpegeu-la suaument per anivellar-la i peseu-la.
- Afegiu-hi un altre cm d'alçada, colpegeu i peseu novament.

- Resteu la primera xifra de la segona per trobar la massa del segon cm de sorra i anoteu el resultat.
- Repetiu això vàries vegades.
- Sumeu els resultats de tots els càlculs de la massa (ignorant la massa del primer cm de sorra, que no és fiable) i dividiu-ho pel número de mesures per trobar la massa mitjana d'1 cm d'alçada de sorra.
- (Per a una proveta normal de 200 mL i sorra també normal, la massa d'un gruix d'1 cm es troba al voltant de 23 g).

#### b) Càlcul de l'àrea del cilindre

- Mesureu el diàmetre interior de la proveta.
- Dividiu aquesta mesura per dos per trobar el radi de la base interna del cilindre.
- Useu la fórmula de sota per calcular l'àrea de la base de la proveta.

$$\begin{aligned} \text{Àrea d'un cercle} &= \pi r^2 = \\ &= \pi (3.142) \times \text{radi en cm} \times \text{radi en cm} \end{aligned}$$

(Una proveta normal de 200 mL té un diàmetre intern de 4 cm, un radi de 2 cm, i una àrea de la base de  $3.142 \times 2 \times 2 = 12,6 \text{ cm}^2$ ).

#### c) Càlcul de la pressió d'1 cm de sorra

- Useu la següent equació per calcular la pressió d'1 cm d'alçada de sorra.

$$\left( \text{Pressió} = \frac{mxg}{A} = \frac{23 \text{ g} \times 10}{12,6 \text{ cm}^2} = 1,83 \text{ g/cm}^2 \right)$$

Això equival aproximadament a un pes de 1,83 grams sobre l'àrea aproximada d'un dit polze).

#### d) Càlcul de la pressió d'1 m, 100 m, 1 km, 10 km i 100 km de sorra

- Utilitzeu aquestes xifres calculades per esbrinar les pressions a les profunditats que es mostren a la taula de sota.

Taula per a la part d)

Alçada	Profunditat equivalent	Multipliqueu la xifra de sobre per:	Pressió usant les xifres de sobre	Pressió equivalent (polze aprox. 0.01 m <sup>2</sup> )
1 m	De la taula al terra	100	$1,83 \times 100 = 183 \text{ g/cm}^2$	183 g sobre un dit polze
100 m	Sondeig poc profund	100	$18.300 \text{ g/cm}^2$	18.3 kg sobre un dit polze (18 sacs de sucre)
1 km	Sondeig profund	10	$183.000 \text{ g/cm}^2$	183 kg o 1, 83 tones sobre un dit polze
10 km	Els sondejos més profunds mai fets; la meitat del gruix mitjà de l'escorça	10	$1.830.000 \text{ g/cm}^2$	1.83 tones sobre un dit polze
100 km	Les parts més gruixudes de l'escorça sota les serralades	10	$18.300.000 \text{ g/cm}^2$	18.3 tones sobre un dit polze

Les pressions reals serien més grans que aquestes que s'han calculat amb sorra solta, perquè les pressions de les roques suprajacents provoquen la compactació de la sorra que (juntament mb la cimentació) les transforma en roques sedimentàries, les quals són més denses que les sorres soltes. La sorra solta utilitzada aquí té una densitat relativa de 1,8, mentre que la densitat relativa del gres és d'aproximadament 2,7, gairebé el 50% més.

## 2. La pressió de l'aigua en profunditat

Repetiu l'activitat fent servir aigua en lloc de sorra per tal de calcular la pressió hidrostàtica aproximada en profunditat. Això simula el tipus de pressió que es troba als aqüífers (les roques poroses i permeables de les quals s'extreu aigua subterrània). La majoria d'aqüífers es troben a menys d'1 km per sota de la superfície.

(Per a una proveta de 200 ml, una altura d'1 cm té una massa mitjana de 12,6 g. Fent servir aquesta xifra

$$\text{Pressió} = \frac{m \times g}{A} = \frac{12,6 \times 1}{12,6\text{m}^2} = 1,00 \text{ g/cm}^2$$

## 3. Pressió total en profunditat

La pressió total vertical en profunditat és igual a la suma de les pressions litostàtica i hidrostàtica ja que ambdues actuen conjuntament (amb l'afegit de la pressió atmosfèrica sobre elles).

Taula per a l'aigua

Alçada	Profunditat equivalent	Multipliqueu la xifra de sobre per:	Pressió usant les xifres de sobre
1 m	De la taula al terra	100	$1,0 \times 100 = 100 \text{ g/cm}^2$
100 m	Sondeig poc profund	100	$10.000 \text{ g/cm}^2$
1 km	Sondeig profund	10	$100.000 \text{ g/cm}^2$

## Sota pressió

### Calculant les intenses pressions en profunditat – en lb/sq in\*

La pressió es defineix com la força per unitat d'àrea. Podem fer-nos una bona idea de les intenses pressions en profunditat mesurant i calculant, fent servir l'equació:

$$\text{Pressió en lb/ q in} = \frac{\text{massa en lb} \times 1}{\text{àrea en sq in}}$$

#### 1. La pressió de les roques en profunditat

És difícil tallar roques de mida i forma adequades per realitzar mesures i càlculs; per tant, usarem sorra solta. Els càlculs donen una impressió realista de les pressions litosfèriques a diferents profunditats (és a dir, la pressió de les roques suprajacents, la pressió de confinament). En profunditat, la sorra es transforma en gres a causa de la cimentació i la compactació.

#### a) Càlcul de la massa mitjana d'1 polzada de gruix de sorra



- Amb un retolador, marqueu una proveta a intervals d'1 polzada, de baix a dalt.
- Afegiu 1 polzada d'alçada de sorra a la proveta, colpegeu-la suaument per anivellar-la i peseu-la.
- Afegiu-hi una altra polzada d'alçada, colpegeu i peseu novament.

- Resteu la primera xifra de la segona per trobar la massa de la segona polzada de sorra i anoteu el resultat.
- Repetiu això vèries vegades.
- Sumeu els resultats de tots els càlculs de la massa (ignorant la massa de la primera polzada de sorra, que no és fiable) i dividiu-ho pel número de mesures per trobar la massa mitjana d'1 polzada d'alçada de sorra.
- (Per a una proveta normal de 200 mL i sorra també normal, la massa d'un gruix de sorra d'1 polzada es troba al voltant de 0,129 lb).

#### b) Càlcul de l'àrea del cilindre

- Mesureu el diàmetre interior de la proveta.
- Dividiu aquesta mesura per dos per trobar el radi de la base interna del cilindre.
- Useu la fórmula de sota per calcular l'àrea de la base de la proveta.

$$\text{Àrea d'un cercle} = \pi r^2 =$$

$$= \pi (3.142) \times \text{radi en polzades} \times \text{radi en polzades}$$

(Una proveta normal de 200 mL té un diàmetre intern d'1,6 polzades, un radi de 0,8 polzades, i una àrea de la base de  $3.142 \times 0,8 \times 0,8 = 2,00 \text{ sq in}$ ).

#### c) Càlcul de la pressió d'1 polzada de sorra

- Useu la següent equació per calcular la pressió d'1 polzada d'alçada de sorra.

$$(\text{Pressió} = \frac{m \times g}{A} = \frac{0,129 \text{ lb} \times 1}{2,00 \text{ sq in}} = 0,065 \text{ lb/sq in})$$

Això equival aproximadament a un pes de 0,004 lliures sobre l'àrea aproximada d'un dit polze).

#### d) Càlcul de la pressió d'1 iarda (3 peus), 100 iardes, 1 milla, 7 milles i 70 milles de sorra

- Utilitzeu aquestes xifres calculades per esbrinar les pressions a les profunditats que es mostren a la taula de sota.

Taula per a la part d)

Alçada	Profunditat equivalent	Multipliqueu la xifra de sobre per:	Pressió usant les xifres de sobre	Pressió equivalent (polze aprox. 0.01 m <sup>2</sup> )
1 iarda	De la taula al terra	36	$0,065 \times 36$ $= 2,34 \text{ lb/sq in}$	6 oz sobre un dit polze
100 iardes	Sondeig poc profund	100	$234 \text{ lb/sq in}$	40 lb sobre un dit polze (20 sacs de sucre)
1 milla	Sondeig profund	17,6	$234 \times 17,6$ $= 4,118 \text{ lb/sq in}^2$	700 lb sobre un dit polze
7 milles	Els sondejos més profunds mai fets; la meitat del gruix mitjà de l'escorça	7	$4,118 \times 7 = 28,826 \text{ lb/sq in} = 14.4 \text{ tons (US)/sq in}$	2,5 tons (US) sobre un dit polze
70 milles	Les parts més gruixudes de l'escorça sota les serralades	10	$288,260 \text{ lb/sq in}$ $(144 \text{ tons/sq in})$	25 tons (US) sobre un dit polze

Les pressions reals serien més grans que aquestes que s'han calculat amb sorra solta, perquè les pressions de les roques suprajacents provoquen la compactació de la sorra que (juntament mb la cimentació) les transforma en roques sedimentàries, les quals són més denses que les sorres soltes. La sorra solta utilitzada aquí té una densitat relativa de 1,8, mentre que la densitat relativa del gres és d'aproximadament 2,7, gairebé el 50% més.

## 2. La pressió de l'aigua en profunditat

Repetiu l'activitat fent servir aigua en lloc de sorra per tal de calcular la pressió hidrostàtica aproximada en profunditat. Això simula el tipus de pressió que es troba als aqüífers (les roques poroses i permeables de les quals s'extreu aigua subterrània). La majoria d'aqüífers es troben a menys d'1 milla per sota de la superfície.

(Per a una proveta de 200 ml, una altura d'1 polzada té una massa mitjana de 0,072 lliures. Fent servir aquesta xifra

$$\text{Pressió} = \frac{m \times g}{A} = \frac{0,072 \text{ lb} \times 1}{2 \text{ sq in}} = 0,036 \text{ lb/sq in}$$

## 3. Pressió total en profunditat

La pressió total vertical en profunditat és igual a la suma de les pressions litostàtica i hidrostàtica ja que ambdues actuen conjuntament (amb l'afegit de la pressió atmosfèrica sobre elles).

Taula per a l'aigua

Alçada	Profunditat equivalent	Multipliqueu la xifra de sobre per:	Pressió usant les xifres de sobre
1 iarda	De la taula al terra	36	$0,036 \times 36 = 1.30 \text{ lb/sq in}$
100 iardes	Sondeig poc profund	100	$130 \text{ lb/sq in}$
1 milla	Sondeig profund	17,6	$130 \times 17,6 = 2288 \text{ lb/sq in}$

\*En aquesta secció es fan servir les unitats dites del Sistema Imperial (usades en països de tradició anglosaxona). S'han respectat les abreviatures en anglès: *lb* per a lliures; *oz* per a unces; *in* per a polzades, *sq in* per a polzades al quadrat. Nota del Traductor.

## Fitxa tècnica

**Títol:** Sota pressió

**Subtítol:** Calculant les intenses pressions en profunditat

**Tema:** Es mesura la pressió d'un determinat gruix de sorra i d'aigua i es fa servir aquest càlcul per tenir una idea de les intenses pressions que hi ha en profunditat.

**Edat dels alumnes:** 12 -18 anys

**Temps necessari:** 20 minuts

**Aprenentatges dels alumnes:** Els alumnes poden:

- utilitzar una balança electrònica;
- fer càlculs aritmètics;
- fer-se una idea de la intensitat de les pressions esperades a diverses profunditats.

### Context:

Aquesta activitat fa servir mesures de laboratori de la força produïda per diferents gruixos de sorra i d'aigua per calcular la seva pressió en profunditat i extrapolar aproximadament les pressions profundes de l'escorça.

Les dues activitats (la de la sorra i la de l'aigua) comencen omplint la proveta fins una alçada determinada abans de la primera mesura; com que el fons de la proveta és corbat la primera mesura de sorra/aigua no seria fiable.

Les pressions litostàtiques reals serien més grans que el que les calculades per a la sorra suggereixen, perquè les pressions de les roques suprajacents (pressions de confinament) provoquen la compactació de les sorres que (juntament amb a cimentació) les transformen en roques sedimentàries; aquestes són més denses que les sorres soltes. La sorra utilitzada als càlculs anteriors tenia una densitat relativa d'1,8 mentre que la densitat relativa del gres es situa al voltant de 2,7, gairebé un 50% més gran.

Com més profunda sigui la roca més densa serà, incrementant així la pressió sobre les roques subjacents. Les roques de l'escorça profunda són normalment ígnies i metamòrfiques, les quals tenen generalment densitats majors que les sedimentàries.

A cada profunditat els materials es troben en equilibri perquè la pressió per unitat de superfície és exactament igual a la massa dels materials suprajacents sobre la unitat de superfície multiplicada per l'acceleració de la gravetat.

### Ampliació de l'activitat:

Podeu seguir amb l'activitat d'Earthlearningidea "La pressió de l'aigua subterrània: una demostració de com augmenta la pressió hidrostàtica amb la profunditat".

### Principis subjacents:

- Com més gruix hi hagi de roca suprajacent, més gran serà la pressió sobre les roques de sota
- Com més profund estigui el cos d'aigua, major serà la pressió hidrostàtica.

### Desenvolupament d'habilitats cognitives:

Els càlculs de les diferents xifres permeten construir un model que, quan es relaciona amb les profunditats de l'escorça del "món real" permet establir noves connexions.

### Material

- proveta (per exemple, de 200 ml)
- retolador per marcar la proveta
- balança electrònica
- regle
- sorra seca i aigua

### Enllaços útils:

<http://www.nationalstemcentre.org.uk/elibrary/resource/1161/unit-14-who-s-for-a-hot-tight-squeezein-inner-space>

**Font:** Aquesta activitat és basa en una idea dissenyada per David Thompson, i publicada a "Who's for a hot, tight squeeze in inner space", Unit 14 de la sèrie "Science of the Earth" la Earth Science Teachers' Association" (1989) publicada per Geo Supplies, Ltd, Sheffield. David va morir recentment i aquesta Earthlearningidea es publica en memòria seva.

Volem expressar el nostre agraïment a les tècniques de laboratori de la Keele Education, Suzy Allen i Gwyn Jones per preparar i comprovar els aparells, i a Martin Devon pels seus comentaris constructius.

© L'equip d'Earthlearningidea. L'equip d'Earthlearningidea es proposa presentar una idea didàctica cada setmana de cost mínim i amb recursos mínims, d'utilitat per a docents i formadors de professors de Ciències de la Terra a nivell escolar de Geologia i Ciències, juntament amb una "discussió en línia" sobre cada idea amb la finalitat de desenvolupar una xarxa de suport. La proposta d'"Earthlearningidea" té un finançament escàs i depèn majoritàriament de l'esforç voluntari.

Els drets (copyright) del material original d'aquestes activitats ha estat alliberat per al seu ús al laboratori o a classe. El material amb drets de terceres persones contingut en aquestes presentacions resta en poder dels mateixos. Qualsevol organització que vulgui fer ús d'aquest material ha de posar-se en contacte amb l'equip d'Earthlearningidea.

S'han fet tots els esforços possibles per localitzar les persones o institucions que posseeixen els drets de tots els materials d'aquestes activitats per tal d'obtenir la seva autorització. Si creieu que s'ha vulnerat algun dret seu, posi's en contacte amb nosaltres; agraïrem qualsevol informació que ens permeti actualitzar els nostres arxius.

Si teniu alguna dificultat per llegir aquests documents, sisplau, poseu-vos en contacte amb l'equip d'Earthlearningidea per obtenir ajut.

Comuniqueu-vos amb l'equip d'Earthlearningidea a: [info@earthlearningidea.com](mailto:info@earthlearningidea.com)

