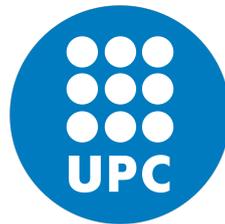

Annexes - Study of a preliminary value-cost model of Earth Observation (EO) satellites operating in Very Low Earth Orbit (VLEO) and Low Earth Orbit (LEO) for a Non-Governmental Organization (NGO)



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Author: Caleb Fuster Jiménez

Supervisor: Silvia Rodríguez

Co-supervisor: Miquel Sureda

Final degree thesis - Annexes

Bachelor's degree in engineering of aerospace vehicles

Fall quarter 2018-2019

JANUARY 2019

TABLE OF CONTENTS

	Page
List of Tables	iii
A Annexes	1
A.1 Earth Observation Satellites	1
A.2 MSF Interview	8
A.3 Cost model values from Spacemic excel	13
Bibliography	15

LIST OF TABLES

TABLE	Page
A.1 Deimos-1 [1]	1
A.2 Deimos-2 [2]	1
A.3 DubaiSat-2 [3]	2
A.4 DubaiSat-1 [4]	2
A.5 AlSat-2A and Alsat-2B [5]	2
A.6 NigerianSat-1 [6]	2
A.7 Perseus-O [7]	3
A.8 NigerianSat-2 [6]	3
A.9 NigerianSat-X [8]	4
A.10 UK-DMC-2 [9]	4
A.11 TripleSat (DMC-3) [10]	4
A.12 THEOS [11]	4
A.13 Lemur-2 [12][13]	5
A.14 SkySat [14][15]	5
A.15 RapidEye [16][17]	5
A.16 Flock-1 [18]	5
A.17 PlanetiQ [19]	6
A.18 KhalifaSat [20]	6
A.19 KazEOSat-2 [21]	6
A.20 KazEOSat-1 [22]	7
A.21 KazSTSAT [23]	7
A.22 Optical resolution cost	13
A.23 Thermal resolution cost	13
A.24 Ground station development cost	13
A.25 Ground station operation cost yearly	13
A.26 Data Analysis Cost yearly	13
A.27 Launch Cost	13



A.1 Earth Observation Satellites

Table A.1: Deimos-1 [1]

Deimos-1	
Operated by	Deimos Imaging
Operation time	2009-Now
Satellite type	Nano-satellite
Orbit altitude	663 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
MS (G,R,NIR)	
Green 520-600 nm	
Red 630-690 nm	
Near Infra-Red 770-900 nm	
GSD: 22 m	
SW: 625 km	

Table A.2: Deimos-2 [2]

Deimos-2	
Operated by	Deimos Imaging
Operation time	20013-Now
Satellite type	Mini-satellite
Orbit altitude	600 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
HiRAIS	
MS (B,G,R,NIR)	
Blue 420-510 nm	
Green 510-580 nm	
Red 600-720 nm	
Near Infra-Red 760-890 nm	
GSD: 4 m	
SW: 24 km (12 km Nadir)	
PAN 450-900 nm	
GSD: 0.75m	
SW: 24 km (12 km Nadir)	

Table A.3: DubaiSat-2 [3]

DubaiSat-2	
Operated by	MBRSC
Operation time	2013-Now
Satellite type	Mini-satellite
Orbit altitude	600 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
HiRAIS	
MS (B,G,R,NIR) Blue 450-520 nm Green 520-590 nm Red 630-690 nm Near Infra-Red 770-890 nm GSD: <4 m SW:12 km Nadir	
PAN 550-900 nm GSD: <1m SW:12 km Nadir	

Table A.4: DubaiSat-1 [4]

DubaiSat-1	
Operated by	MBRSC
Operation time	2009-2016
Satellite type	Mini-satellite
Orbit altitude	680 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
MS (B,G,R,NIR) Blue 420-510 nm Green 510-580 nm Red 600-720 nm Near Infra-Red 760-890 nm GSD: 5 m SW:20 km Nadir	
PAN 420-890 nm GSD: 2.5m SW:20 km Nadir	

Table A.5: AlSat-2A and Alsat-2B [5]

AlSat-2A (B)	
Operated by	CNTS
Operation time	2010(2016)-Now
Satellite type	Mini-satellite
Orbit altitude	670 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
MS (B,G,R,NIR) Blue 450-520 nm Green 530-600 nm Red 620-690 nm Near Infra-Red 760-890 nm GSD: 10m SW:17.5 km Nadir	
PAN 550-900 nm GSD: 2.5m SW:17.5 km Nadir	

Table A.6: NigerianSat-1 [6]

NigerianSat-1	
Operated by	NASRDAR
Operation time	2003-2012
Satellite type	Micro-satellite
Orbit altitude	686 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
SLIM6	
MS (G,R,NIR) Green 520-620 nm Red 630-690 nm Near Infra-Red 760-900 nm GSD: 32m SW:620 km Nadir	

Table A.7: Perseus-O [7]

Perseus-O	
Operated by	Dauria Aerospace
Operation time	2018-Now
Satellite type	CubeSat (6u)
Orbit altitude	650 km
Orbit type	Sun-Sync Const.
Technology	
MS(B,G,R,NIR) GSD: 22m	

Table A.8: NigerianSat-2 [6]

NigerianSat-2	
Operated by	NASRDAR
Operation time	2011-Now
Satellite type	Mini-satellite
Orbit altitude	686 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
VHRI	
MS (B,G,R,NIR)	
Blue 450-520 nm	
Green 520-600 nm	
Red 630-690 nm	
Near Infra-Red 760-900 nm	
GSD: 5m	
SW:20 km	
PAN 450-900	
GSD: 2.5m	
SW:20 km	
MRI (SLIM6)	
MS (G,R,NIR)	
Green 520-620 nm	
Red 630-690 nm	
Near Infra-Red 760-900 nm	
GSD: 32m	
SW:300 km	

Table A.9: NigerianSat-X [8]

NigerianSat-X	
Operated by	NASRDAR
Operation time	2011-Now
Satellite type	Micro-satellite
Orbit altitude	686 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
SLIM6	
MS (G,R,NIR)	
Green 520-620 nm	
Red 630-690 nm	
Near Infra-Red 760-900 nm	
GSD: 22m	
SW:600 km	

Table A.11: TripleSat (DMC-3) [10]

TripleSat (DMC-3)	
Operated by	DMC
Operation time	2015-Now
Satellite type	Mini-satellite
Orbit altitude	651 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
MS (B,G,R,NIR)	
Blue 440-510 nm	
Green 510-590 nm	
Red 630-690 nm	
Near Infra-Red 760-910 nm	
GSD: <4m	
SW:23 km	
PAN 450-650	
GSD: <1m	
SW: 23km	

Table A.10: UK-DMC-2 [9]

UK-DMC-2	
Operated by	DMC
Operation time	2009-Now
Satellite type	Mini-satellite
Orbit altitude	680 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
SLIM6	
MS (G,R,NIR)	
Green 520-620 nm	
Red 630-690 nm	
Near Infra-Red 760-900 nm	
GSD: 22m	
SW:660 km	

Table A.12: THEOS [11]

THEOS	
Operated by	GISTDA
Operation time	2008-Now
Satellite type	Satellite
Orbit altitude	822 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
MS (B,G,R,NIR)	
Blue 450-520 nm	
Green 530-600 nm	
Red 620-690 nm	
Near Infra-Red 770-900 nm	
GSD: 15m	
SW: 90 km	
PAN 450-900	
GSD: 2m	
SW: 22km	

Table A.13: Lemur-2 [12][13]

Lemur-2	
Operated by	Spire Global
Operation time	2015-Now
Satellite type	CubeSat (3u)
Orbit altitude	400-600 km
Orbit type	Cubesat Const.
Technology	
STRATOS Determine atmosphere temperature, humidity and pressure by GPS radio occultation	
SENSE Monitoring of vessels movements	

Table A.15: RapidEye [16][17]

RapidEye	
Operated by	BlackBridge
Operation time	2008-Now
Satellite type	Mini-satellite
Orbit altitude	630 km
Orbit type	Const. Sun-Synchronous
Technology	
MS(B,G,R,NIR) Blue 440-510 nm Green 520-590 nm Red 630-685 nm Near Infra-Red 760-850 nm GSD: 6.5m SW: 77km	

Table A.14: SkySat [14][15]

SkySat	
Operated by	Planet Lab
Operation time	2014-Now
Satellite type	Micro-satellite
Orbit altitude	450 km
Orbit type	Constellation
Technology	
MS(B,G,R,NIR) Blue 450-515 nm Green 515-595 nm Red 605-695 nm Near Infra-Red 740-900 nm GSD: 2m SW: 8km	
PAN 450-900 nm GSD: 0.9 m SW: 8 km	
Video (PAN) Fps: 30 Up to 90s GSD: 1.1m FoV: 2km x 1.1km	

Table A.16: Flock-1 [18]

Flock-1	
Operated by	Planet Lab
Operation time	2014-Now
Satellite type	CubeSat (3u)
Orbit altitude	420 (475) km
Orbit type	ISS Const (Sun-Syn Const)
Technology	
MS(B,G,R) Blue 420-530 nm Green 500-590 nm Red 610-700 nm GSD: 2.7(3.7) m SW: 21.8 (24.6) km	

Table A.17: PlanetiQ [19]

PlanetiQ	
Operated by	PlanetiQ
Operation time	Launch dec-2018
Satellite type	CubeSat (6u)
Orbit altitude	750-800 km
Orbit type	CubeSat Const.
Technology	
<p>Pyxis GPS Radio occultation for weather data. (Pressure, temperature, density, refractivity)</p>	

Table A.18: KhalifaSat [20]

KhalifaSat	
Operated by	MBRSC
Operation time	2018-Now
Satellite type	Mini-satellite
Orbit altitude	613 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
<p>KHCS</p> <p>MS (B,G,R,NIR)Blue 450-520 nm Green 520-590 nm Red 630-690 nm Near Infra-Red 770-890 nm GSD: 3 m SW:12 km Nadir</p> <p>PAN 550-900 nm GSD: 0.75 m SW:12 km Nadir</p>	

Table A.19: KazEOSat-2 [21]

KazEOSat-2	
Operated by	KGS
Operation time	2014-Now
Satellite type	Mini-satellite
Orbit altitude	630 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
<p>KEIS</p> <p>MS (B,G,R,RE,NIR) Blue 440-510 nm Green 520-590 nm Red 630-685 nm Red-edge 690-730 nm Near Infra-Red 760-850 nm GSD: 6.5 m SW:77 km Nadir</p>	

Table A.20: KazEOSat-1 [22]

KazEOSat-1	
Operated by	KGS
Operation time	2014-Now
Satellite type	Satellite
Orbit altitude	760 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
NAOMI	
MS (B,G,R,NIR)	
Blue 450-520 nm	
Green 530-600 nm	
Red 620-690 nm	
Near Infra-Red 760-890 nm	
GSD: 4 m	
SW:20 km Nadir	
PAN 450-750 nm	
GSD: 1 m	
SW:20 km Nadir	

Table A.21: KazSTSAT [23]

KazSTSAT	
Operated by	KGS
Operation time	2018-Now
Satellite type	micro-satellite
Orbit altitude	575 km
Orbit type	Sun-Synchronous
Technology	
EarthMapper	
MS (CB;B,G,R,RE,NIR)	
Coastal blue 433-453 nm	
Blue 450-510 nm	
Green 523-605 nm	
Red 629-690 nm	
Red edge 690-740 nm	
Near Infra-Red 760-890 nm	
GSD: 18.7 m	
SW:600 km Nadir	

A.2 MSF Interview

Juan José Arévalo: En el mundo humanitario, digamos que el acceso a la imagen de satélite y el costo es extremadamente caro.

Caleb Fuster: Si

JJA: Y claro, el problema es que no puedes tomar la foto. Hay muchos problemas entre otros: El tiempo. El problema de estos chicos es como hacer un algoritmo que te permita

CF: Con pocas imágenes...

JJA: Con poco sabes. Con nubes ver, ver que se puede ver. Que se puede detectar usando la microonda. Sabes lo que quiero decir. Es súper interesante y después cuando aparece esto, tu interés un poco pues nosotros estamos interesados. precisamente uno de los grandes problemas que tenemos es acceso a la imagen satélite. Entonces pregúntame como lo hacemos.

CF: Principalmente es ver que necesidades hay, a nivel de : Que se puedan cubrir con satélites, pues cosas de medicina no pero por ejemplo imágenes de zonas o cosas así. Que necesidades tenéis realmente con ello.

JJA: Mucho. Te explico, te mostrare unas cosa. Nosotros estamos trabajando, colaborando con una universidad austriaca. A la hora de sacar imágenes satélite, de sacar la foto, a pesar de que es extremadamente caro, pagando. Pedir una imagen satélite que no sea de archivo, si una imagen es de archivo es la foto que se tomo ayer, y justo tengo suerte y esta esa foto, y me va a costar unos cientos de euros. me puede costar 100 euros, me puede costar 300, depende del tipo de licencia que tengas. Pero si yo tengo que comisionar, por decirlo así, una tarea de satélite me puede costar entre 1500 a 9000 euros una foto. Para nosotros que tenemos recursos limitados, es mucho dinero. Pero bueno en fin, que lo estamos haciendo igual porque en muchos sitios lo necesitamos. Una de las situaciones es, nosotros estamos siguiendo la situación en, monitoreando la situación humanitaria de algún lugar especifico, por ejemplo se me ocurre ahora un lugar que se llama Baidoa en Somalia pero lo hacemos remotamente porque es muy peligroso acceder ahí con personal internacional. Y peligroso porque no conocemos bien lo que está pasando, no (conocemos) el movimiento de población que hay, no conoces los factores armados que hay en ese sitio. La imagen satélite permite básicamente poder pues detectar poblaciones. Nos permite poder mediante software hacer análisis de densidad de población, lo cual nos permite saber donde tenemos que centrarnos. Imágenes satélite de campos de refugiados o desplazados nos permite contar cuanta gente vive, donde está concentrada, cuales son las aéreas más pobladas por tanto donde tenemos que centrar la clínicas. En fin, es sobre todo de cara a las emergencias, es una herramienta súper potente.

CF: Mas o menos si que estaba, mientras esperaba a la reunión y todo esto sí que estuve buscando más o menos que hacíais y dije bueno más o menos ira por aquí en plan imágenes de zonas donde acaba de sufrir una catástrofe y no sabes cómo está el tema o cosas así mas los movimientos migratorios y tal por conflictos armados. Tener controlado como se mueven. Y además poquito a poco vi que tenéis algunos proyectos que incluso con imágenes ya no de

satélites sino de drones podíais detectar zonas de agua y así prever enfermedades, ósea focos de enfermedades diarrea y este tipo de cosa y me intereso bastante. Tengo varias ongs donde elegir porque mi tfg era para una ONG pero no se especificaba cual y dije tiene la parte así mas de imagen pero también tiene otras partes que puede ser la tecnología no está o no se sabe si esta y tal vez sería interesante mirar esto. A mi profesora la pareció bien.

JJA: Las imágenes de dron las estamos usando pero con muchas dificultades porque la legislación local es súper complicada. Técnicamente hemos podido desarrollar un software y tal, pero claro utilizarlo en los sitios donde sería bastante útil, es bastante complicado. Y te puedo decir que de 10 veces que intentamos pues media lo conseguimos. Al final, poco muy poco. Hay otras ONG como OIM, que en el caso de Bangladesh que si tuvo la autorización para hacerlo y tomaron imágenes fantásticas. Yo tengo un par de imágenes de los campos de refugiados de Bangladesh que son espectaculares pero que hasta ahí llegamos porque estamos limitados por la legislación local es muy... Se utiliza mucho a nivel militar pues claro complicado.

CF: Leí una noticia de que los estabais usando en Malawi pero telita para hacerlo volar. Hay un montón de problemas...

JJA: Se agrupa la gente, la gente no sabe lo que es, desinformación y al final no.

CF: Por ejemplo un compañero mío está haciendo exactamente lo mismo pero con la brigada de bomberos de Catalunya pero también tienen un dron preparado para hacer las búsquedas de personas cuando desaparecen y tal pero legislación no les dejan. Y son bomberos que son una cosa...

JJA: Imagínate ellos aquí, y nosotros allá en países donde ...

CF: Si ellos no pueden aquí bueno en cualquier otro país debe ser...

JJA: Es un tema que todavía no... Déjame ver.

(Muestra de imágenes)

CF: Esto es por lo que estado buscando, hay organizaciones que ceden sus imágenes gratuitamente para este tipo de casos si las tienen. por ejemplo, conozco que hay organizaciones hay un consorcio internacional llamado International Disaster Management o algo así

JJA: Hay muchas plataformas que comparten sus recursos

CF: Ah ósea las usáis o no porque no están...

JJA: No necesariamente porque no están muy catalogadas pero lo que pasa es que nosotros tenemos un centro de mapas, un mal center. Este map center tiene unos técnicos. Este map center que tiene médicos sin fronteras esta en ginebra. Y es ahí donde tenemos la sede de GAS de médicos sin fronteras. Son ellos los que tienen acceso a esta librerías los contactos con Airbus, con Digital Globe, Centinel. Probablemente conoces Centinel. Y esto que te voy a mostrar es nuestro centro que lamentablemente es de uso restringido

(Muestra del centro de imágenes)

JJA: Esta es una imagen comisionada por nosotros. Que con unos colegas de la universidad de Viena hacemos este tipo de análisis. Como ves en este caso de densidad de población. Una

imagen así de alta resolución. Esto es Somalia, la frontera de Somalia con Etiopia. No estamos aquí y nos interesa hacer el seguimiento, sobretodo el movimiento de personas, de población. Ver como se están organizando. Esto es un pueblo que históricamente existe ahí pero por la situación humanitaria de la región la gente ha ido llegando. Entonces todo esto que ves alrededor son campos que se han formado de gente que está esperando en la frontera para poder cruzar al otro lado, al lado de etiopia. Nosotros queríamos saber cómo estaba la situación un poco, hay estándares que nos permiten calcular cuanta gente vive por casa, que nos permiten hacer cálculos. Entonces esto es súper guay, esto es súper bonito, esto nos sirve mucho mucho. Pero es muy caro. Y no siempre podemos hacerlo a tiempo. Eso es una de las particularidades que tiene un dron. Que cuando tu intentas hacer una imagen satélite pero el tiempo no te lo permite, con un dron si que puedes si te lo permite. Esto es una cosa, la otra es que pues se están empezando a usar las microondas para tener imágenes aunque hayan nubes. Tener imágenes aunque sea de sombras de techo aunque sea tener alguna idea. Y es ahí donde estamos, cuando yo escuche lo de este proyecto de satélites pequeños

CF: Que en principio sean para que sean más baratos que los satélites grandes

JJA: Exacto y que me imagino que podrán bajar a más baja altitud

CF: En plan estos satélites vuelan sobre 600-700 km, y la idea es usar pequeños cubesats que son cubos de 10 cm de arista que vuelan sobre los 400-475.

JJA: Como se lanzan este tipo de satélites?

CF: Depende, ahí está realmente el problema porque aparte de salir muy caro, normalmente dependes de un satélite mas grande. Tu puedes decirles yo lo quiero lanzado más o menos por aquí pero al final el que pone el satélite grande el que pone el dinero el que realmente decide yo lo quiero aquí. Tu mas o menos en esta línea, no puedes irte mucho de ahí. Y luego en la ISS hay un lanzador de cubesats que permite lanzar cubesats pero en la órbita de la ISS. Lo cual no está mal pero es uno de los mayores problemas. No es construirlo porque puedes construir un pequeño cubesat... pero que no tienen mucha resolución ahora mismo, que ahora va mejorando . El mayor problema es lanzarlo, ósea como realmente enviarlos ahí. Ahora hay un compañero mío que está intentando hacer una empresa que se dedique única y exclusivamente a lanzar estos pequeños satélites, ver cual sería su coste, ver si saldría rentable y tal.

JJA: Donde los construyen

CF: Nosotros no los construimos, ósea creo que al final del proyecto sí que se pretende ver todo lo que se investigado para este proyecto, realizar un pequeño cubesat y lanzarlo con la esa. Pero no sé cómo va quedar eso. Son varias universidades. La parte de mi universidad es mas ver la viabilidad económica, ver como está la tecnología, ver cuánto cuesta, ver si se puede hacer de una manera más barata. Y más o menos investigar sobre eso. Hay compañeros que investigan como lanzar con cohetes, otros si lanzarlos con aviones, si lanzarlos desde otro sitio si con un globo. Ver un poquito como mejorar, está muy bien pero aun le queda mucho proceso. Uno de los mayores problemas son las imágenes térmicas, que la resolución es mala. Creo que la mejor resolución

son 20 m por pixel lo cual es una barbaridad para muchos casos. Y alguno estará mirando cómo mejorar, al bajar los satélites etc. Una de las cosas que vi cuando está buscando en el catálogo de satélites es que los satélites al principio los satélites pequeños hacían 30m por pixel que es mucho. Ahora mismo los mejores llegan a hacer 0,75m en blanco y negro si bueno pero 0,75 es una burrada que para muchas cosas vas sobrado. Ahora con las empresas como Spire, Global, las diferentes empresas hacen que esta tecnología que antes en grandes satélites sí que han mejorado, la mejoran ellos en pequeños satélites y cosas pequeñas que no sean de 100kg sino de 10 kg o menos pues ver hasta qué punto. Estoy analizando que ofrece la tecnología, que ofrecerá en 5 6 7 años y ver si esto tiene alguna utilidad para una ONG.

JJA: Mucha mucha. Lo primero que podríamos hacer, y deberíamos hacer. Cuando nos sentamos a hablar sobre una emergencia, es tener la imagen satélite ya en la mesa. Tener la imagen sobre la mesa a las pocas horas que está pasando, nos hace avanzar semanas en la planificación de una intervención de emergencia. Desde cuanta gente hay a cual es la tendencia y como se van moviendo. Cuáles son las primeras necesidades, que tipo de construcciones están utilizando. Cuál es la situación humanitaria y la situación de precariedad. Hay agua o no hay agua. La red de caminos como esta para llegar hasta ahí. Se está convirtiendo en algo básico para nosotros pero todavía no lo es por una cuestión de costos. Cuando estamos convencido de que hay que hacer lo hacemos y pagamos lo que hay que pagar. Pagamos extremadamente caro aunque tenemos una tarifa especial.

CF: Imagino que con lo que hay ahora mismo, las imágenes que os dan tienen una resolución bastante buena vais bien, no? No necesitáis que vaya mucho mas allá. Si fueran térmicas sí que necesitaríais, dado que tienen una resolución muy mala, imagino que si que necesitaríais que mejorase

JJA: Por ahora no necesitamos más resolución, pero probablemente en el caso de las térmicas estarían ahí porque no podíamos tener otras. Por ejemplo una imagen térmica nos permitiría contar techos. Que ya está bien. Ahora bien lo que no podría hacer es decirnos qué clase de techo es. Porque eso nos ayuda también, por ejemplo techo de zinc eso por ejemplo quiere decir que la familia que vive ahí lleva ahí más tiempo. Hay otros techos de plástico pues esta familia llego hace dos días, porque hace dos días se repartió plástico. Hay un análisis que hacer, una interpretación de los plásticos

CF: Eso supongo que lo hacen personas por que a nivel de software...

JJA: Si, si. Esta imagen. Hace un tiempo se hablo de trasladar a los refugiados de Bangladesh a una isla pero claro esta isla después de que nosotros hiciéramos unos análisis con software nos dimos cuenta que la isla era completamente inundable en unos meses. Felizmente con esta imágenes satélites pudimos probar, pudimos detener el movimiento de esta gente a esta isla. Si no hubiera sido un desastre. Mira este es uno de los problemas que tenemos con las imágenes. Las nubes.

CF: Y solo usáis imágenes o también otros datos? Por ejemplo sé que hay pequeños satélites

que dan temperatura, humedad de zonas. No los utilizáis?

JJA: No, para nosotros lo más importante es la visualización.

CF: Pero por ejemplo para el caso de detectar focos de enfermedad y este tipo de cosas os sería útil.

JJA: Temperatura y datos atmosféricos, no necesariamente. Lo que sería interesante sería algún estudio ligado a agua y datos atmosféricos para el estado nutricional de una población. Pero eso ya sería muy sofisticada y cuando hay crisis nutricionales hay otros parámetros y otros criterios que te alertan. Lo que a nosotros nos interesa es movimientos de población y el estatus de una población en un lugar cerrado. Como un campo de desplazados o un campo de refugiados

CF: Lo de los otros datos lo decía mas a nivel de enfermedades sé que hay, por ejemplo se que muchas se transmiten con mosquitos. Y este tipo de cosas se que se ven afectados por factores como la humedad o la temperatura. Su desarrollo o hacia donde van. Tampoco es una necesidad... Pero supongo que si se puede hacer estaría bien pero...

JJA: Si pero digamos como que hay dos vertientes una que tiene que ver con las emergencias, y en un ámbito de emergencias eso no es una prioridad, pero si tenemos proyectos de investigación y prevención donde por ejemplo un entomólogo me imagino que esos datos si le serian útiles para determinar la resistencia del mosquito

CF: Es decir para ese tipo de proyectos si pero mucho más interesante lo otro.

JJA: Exacto. Esos son los dos desafíos que tenemos hoy en día. El tratamiento de la imagen y el costo.

CF: Si mas o menos...

JJA: Lo que intuías

CF: Si, el coste era lo que más me preocupaba. Hay que buscar la manera más barata de hacerlo sobre todo.

JJA: Si lo que te confirmo ahora es que es una tecnología que va muy bien.

A.3 Cost model values from Spacemic excel

All this data is extracted from the cost-model excel [24] and his guidance [25]

Table A.22: Optical resolution cost

Optical resolution		
	Resolution	Cost
Very Low	GSD: 200m	0.2M €
Low	GSD: 50m	0.5M €
Medium	GSD: 10m	1M €
High	GSD: 2.5m	2M €

Table A.25: Ground station operation cost yearly

Ground Station Operation Cost		
	Download speed	Cost
Very Low	9.6kbps	0.1M €
Low	1Mbps	0.2M €
Medium	20Mbps	0.4M €

Table A.23: Thermal resolution cost

Thermal resolution		
	Resolution	Cost
Very Low	GSD: 1000m	0.2M €
Low	GSD: 500m	0.5M €
Medium	GSD: 200m	0.8M €
High	GSD: 50m	1.2M €

Table A.26: Data Analysis Cost yearly

Data Analysis Cost yearly	
Activity	Cost
Information Collecting mission	0.5M €
Remote sensing mission	1M €
Rental space mission	0.4M €

Table A.24: Ground station development cost

Ground Station Development Cost		
	Download speed	Cost
Very Low	9.6kbps	0.05M €
Low	1Mbps	0.5M €
Medium	20Mbps	0.7M €

Table A.27: Launch Cost

Launch Cost	
Launch type	Cost
Whole rocket purchase (15 sat)	25M €
One satellite launch cost to coordinated orbits	4M €
One satellite launch cost to non-coordinated orbits	2M €

BIBLIOGRAPHY

- [1] eoPortal Directory. *Deimos-1*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/deimos-1> (visited on 10/12/2018).
- [2] eoPortal Directory. *Deimos-2*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/deimos-2> (visited on 10/12/2018).
- [3] eoPortal Directory. *DubaiSat-2*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/dubaisat-2> (visited on 10/12/2018).
- [4] eoPortal Directory. *DubaiSat-1*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/dubaisat-1> (visited on 10/12/2018).
- [5] eoPortal Directory. *AlSat-2*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/alsat-2> (visited on 10/12/2018).
- [6] eoPortal Directory. *NigerianSat-2*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nigeriasat-2> (visited on 10/12/2018).
- [7] Gunter Space Page. *Perseus-0*. URL: https://space.skyrocket.de/doc_sdat/perseus-0.htm (visited on 10/12/2018).
- [8] eoPortal Directory. *NigerianSat-X*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nigeriasat-x> (visited on 10/12/2018).
- [9] eoPortal Directory. *UK-DMC-2*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/u/uk-dmc-2> (visited on 10/12/2018).
- [10] eoPortal Directory. *DMC-3*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/dmc-3> (visited on 10/12/2018).
- [11] eoPortal Directory. *THEOS*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/theos> (visited on 10/12/2018).
- [12] eoPortal Directory. *Lemur-2*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/lemur> (visited on 10/12/2018).
- [13] Gunter Space Page. *Lemur-2*. URL: https://space.skyrocket.de/doc_sdat/lemur-2.htm (visited on 10/12/2018).
- [14] Satellite Imaging Corp. *SkySat*. URL: <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/skysat-1/> (visited on 10/05/2018).

BIBLIOGRAPHY

- [15] eoPortal Directory. *SkySat*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/skysat> (visited on).
- [16] eoPortal Directory. *RapidEye*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/rapideye> (visited on 10/12/2018).
- [17] Satellite Imaging Corp. *RapidEye Satellite Sensor*. URL: <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/rapideye/> (visited on 10/12/2018).
- [18] eoPortal Directory. *Flock-1*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/flock-1> (visited on 10/12/2018).
- [19] Gunter Space Page. *PlanetiQ*. 2018. URL: https://space.skyrocket.de/doc_sdat/planetiq-1.htm (visited on 11/01/2018).
- [20] eoPortal Directory. *KhalifaSat*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/k/khalifasat> (visited on 10/12/2018).
- [21] eoPortal Directory. *KazEOSat-2*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/k/kazeosat-2> (visited on 10/12/2018).
- [22] eoPortal Directory. *KazEOSat-1*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/k/kazeosat-1> (visited on 10/12/2018).
- [23] eoPortal Directory. *KazSTSAT*. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/k/kazstsat%7B%5C#%7Dlaunch> (visited on 10/12/2018).
- [24] Spacemic. *Cost-Model*. URL: <http://www.spacemic.net/>.
- [25] Guidance Book, Shinichi Nakasuka, and M I C Project. "Micro-Satellite Project Mission and Cost Model". In: (). URL: https://www.spacemic.net/Cost_model_Guidance_Book_ver5.pdf.